

№№ 452—453.

ВѢСТНИКЪ

ОПЫТНОЙ ФИЗИКИ

и

ЭЛЕМЕНТАРНОЙ МАТЕМАТИКИ,

издаваемый

В. А. Теретовъ

подъ редакціей

Приватъ-Доцента В. Л. Каганъ.

XXXVIII-го Семестра №№ 8—9-й.

О Д Е С С А.

Типографія Бланкоиздательства М. Шпенцера, ул. Новосельскаго, д. № 66.

1908

Вышла въ свѣтъ новая книга:

МЕТЕОРОЛОГІЯ.

(ОБЩІЙ КУРСЪ)

А. Клоссовекаю,

Профессора ИМПЕРАТОРСКАГО Новороссійскаго Университета.

Часть I.

СТАТИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГІЯ.

(642 страницы, 205 рисунковъ въ текстѣ и одна карта).

Предлагаемый курсъ метеорологіи состоитъ изъ четырехъ частей.

Первая часть заключаетъ въ себѣ статическую метеорологію.

Вторая—посвящена изложенію динамической метеорологіи, метеорологической оптики и ученія о магнито-электрическихъ свойствахъ земли.

Обѣ эти части составляютъ общій отдѣлъ метеорологіи, для изученія котораго необходимо знаніе математики въ объемѣ курса среднихъ учебныхъ заведеній.

Въ третьей части изложены спеціальныя отдѣлы и вопросы, требующіе знакомства съ высшимъ анализомъ.

Къ четвертой части отнесены теорія и практика геофизическихъ приборовъ.

Оглавленіе I части.

Введеніе.—I. Распространеніе и составъ атмосферы.—II. Физическія свойства атмосферы.—III. Вода въ атмосферѣ.—IV. Непрерывная водная оболочка (океаны), ея распространеніе и свойства.—V. Солнечное лучеиспусканіе.—VI. Расходъ тепла.—VII. Тепловое состояніе земной коры въ самыхъ верхнихъ ея слояхъ.—VIII. Тепловое состояніе земного ядра.—IX. Тепловыя условія океановъ.—X. Тепловое состояніе нижнихъ слоевъ земной атмосферы.—XI. Давленіе воздуха.—XII. Образованіе гидрометеоровъ.—XIII. Температура и давленіе въ болѣе высокихъ слояхъ атмосферы.—XIV. Аномальныя отклоненія.

Вѣстникъ Опытной Физики

и

ЭЛЕМЕНТАРНОЙ МАТЕМАТИКИ.

№ № 452—453.

Содержаніе: Лордъ Кельвинъ (Вильямъ Томсонъ).—Объ электрической природѣ матеріи. *А. Рим.* Пер. *Ю. А. Говяева.*—Замѣтки по кинетической теоріи газовъ.—Жидкіе кристаллы и теоріи жизни. (Окончаніе) *Проф. О. Лемана.*—Задачи для учащихся № № 919—924. (4 сер.).—Рѣшенія задачъ, № № 809, 801, 815, 814.—Объявленія.

† Лордъ Кельвинъ (Вильямъ Томсонъ).

Въ декабрѣ истекшаго года на 85 году своей жизни скончался величайшій изъ современныхъ физиковъ—лордъ Кельвинъ. Еще студентомъ Кэмбриджскаго Университета онъ сдѣлалъ цѣнное изслѣдованіе о теоремѣ Фурье и ея приложеніяхъ къ распространенію теплоты и къ гидродинамикѣ. Въ той же работѣ впервые указывается методъ опредѣленія геологическихъ датъ, основанный на вычисленіи температуры внутреннихъ слоевъ земного шара. Рано занявъ каѣдру физики въ Глазговскомъ университетѣ, онъ въ сотрудничествѣ съ Джаулемъ разрабатывалъ вопросы термодинамики; эта наука обязана ему, между прочимъ, ученіемъ объ абсолютной шкалѣ температуръ и теоріей разсѣянія энергіи. Затѣмъ послѣдовали его изысканія, относящіеся къ электростатикѣ, къ теоріи магнетизма, электричества соприкосновенія и термоэлектричества, изслѣдованіе о механической энергіи солнечной системы, вычисленіе приливовъ и отливовъ, вычисленіе размѣровъ атомовъ и теорія вихревого движенія. Однако, наибольшую популярность ему доставили не столько всѣ эти перечисленные выше глубокія теоретическія изысканія, сколько его работы, соприкасавшіеся съ практическими вопросами проведенія трансатлантическаго кабеля.

Въ началѣ 50-ыхъ годовъ прошлаго столѣтія вопросъ о возможности трансатлантической телеграфіи былъ весьма животрепещущимъ; математическія изслѣдованія лорда Кельвина о рас-

пространеніи сигналовъ вдоль длинныхъ подводныхъ кабелей въ значительной степени содѣйствовали практическому рѣшенію задачи. Онъ показалъ, что запозданіе должно быть пропорціонально квадрату длины кабеля; далѣе, основываясь на теоремѣ Фурье, онъ предсказалъ степень ослабленія электрическихъ импульсовъ при достиженіи конечнаго пункта. Затѣмъ онъ изобрѣлъ зеркальный гальванометръ и сифонъ-рекорденъ. Удача, которой завершилась прокладка кабеля въ 1865 г., была триумфомъ его геніальной изобрѣтательности и математической проницательности. Ему пришлось ознакомиться съ морскимъ дѣломъ, которое обязано ему изобрѣтеніемъ особаго лота и усовершенствованіемъ компаса.

Уже однихъ этихъ трудовъ, которые онъ всѣ выполнилъ болѣе 30 лѣтъ тому назадъ, было бы достаточно, чтобы доставить ему почетнѣйшее мѣсто среди физиковъ. Въ 1876 г. Гельмгольцъ, характеризуя дѣятельность лорда Кельвина, дѣлаетъ слѣдующее замѣчаніе о методахъ, которые онъ примѣняетъ при рѣшеніи задачъ математической физики: „онъ прилагаетъ настойчивыя усилія къ тому, чтобы очистить математическую теорію отъ предположеній, не вытекающихъ изъ опыта“. При этомъ Гельмгольцъ прибавляетъ: „способность переводить реальные факты на языкъ математическихъ уравненій и обратно встрѣчается гораздо рѣже, чѣмъ умѣнье рѣшить данный математическій вопросъ, и въ этомъ отношеніи талантъ Вильяма Томсона представляется наиболѣе выдающимся и оригинальнымъ“. Къ счастью этотъ талантъ обогащалъ науку еще дѣльныхъ тридцать лѣтъ послѣ этой лестной оцѣнки со стороны Гельмгольца.

Въ 1876 г. лордъ Кельвинъ вторично вернулся къ затронутому имъ еще въ 1846 г. вопросу о возрастѣ земли, на этотъ разъ—въ своей рѣчи въ качествѣ президента физической и математической секцій Британской Ассоціаціи въ Глазго. По мнѣнію нѣкоторыхъ геологовъ, замѣнившихъ теорію катастрофъ теоріей постепенныхъ измѣненій, время, въ теченіе котораго формировалась земная кора, безпредѣльно велико. Лордъ Кельвинъ, основываясь на соображеніяхъ средней теплопроводности горныхъ породъ и степени возрастанія температуры по мѣрѣ углубленія во внутренніе слои земли, указалъ, что время, съ какого земли стала обитаемой планетой, отнюдь не безгранично велико: оно равно приблизительно 20 милліонамъ лѣтъ и во всякомъ случаѣ не превышаетъ 400 милліоновъ. Дѣйствительно, теплота солнца безпрестанно разсѣивается, а съ охлажденіемъ солнца охлаждается и земля. Если принять во вниманіе центробѣжныя силы, то форма земли, какъ оказывается, противорѣчитъ гипотезѣ о безпредѣльномъ періодѣ охлажденія.—Полемика, поднятая по поводу этой рѣчи геологами и біологами, продолжалась четверть столѣтія, и, конечно, и понынѣ еще вопросъ остается открытымъ.

Гидродинамика со времени Стокса культивировалась въ Кэмбриджѣ съ особеннымъ успѣхомъ. Будучи ученикомъ и другомъ

Стокса, лордъ Кельвинъ значительно содѣйствовалъ разработкѣ этой отрасли физики: если исключить новѣйшія электрическія теоріи матеріи, то разработанная лордомъ Кельвиномъ теорія вихревыхъ движеній атомовъ является единственной теоріей строенія матеріи, которая до нашихъ дней еще не была опровергнута критикой. Упомянемъ еще и другія плодотворныя изслѣдованія лорда Кельвина въ той же области гидродинамики. Онъ опредѣлилъ условія установившагося движенія жидкостей во многихъ случаяхъ, изъ коихъ нѣкоторые представляютъ практическую важность. За послѣдніе два года онъ сообщилъ Королевскому Обществу цѣлый рядъ докладовъ о глубоководныхъ волнахъ. Здѣсь мы находимъ чрезвычайно глубокія и остроумныя приложенія теоремы Фурье. Въ теоріи упругости и смежныхъ областяхъ динамики взгляды его оказали существенное вліяніе. Онъ постоянно пользуется аналогіей между явленіями электричества и магнетизма, съ одной стороны, и упругостью, съ другой. Его статья въ „Британской Энциклопедіи“ объ упругости надолго останется классическимъ произведеніемъ, хотя по своимъ качествамъ она значительно уступаетъ другимъ его изслѣдованіямъ.

Ученіе объ электричествѣ также очень многимъ обязано генію лорда Кельвина. Преклоняясь предъ экспериментальными открытіями Фарадея, онъ уже давно заинтересовался вопросомъ, возможно ли объяснить электромагнитныя явленія посредствомъ теоріи упругой твердой среды. Хотя главная заслуга въ рѣшеніи этого вопроса принадлежитъ Максвеллу, но лорду Кельвину принадлежитъ приоритетъ въ примѣненіи математическаго анализа къ изслѣдованіямъ Фарадея: въ 1847 г. онъ первый предложилъ механическое изображеніе магнитной силы. Столь же давно онъ изслѣдовалъ условія разряда Лейденской банки черезъ самоиндукцірующий проводникъ; при этомъ онъ на основаніи математическихъ формулъ предсказалъ, что разрядъ окажется колебательнымъ. Онъ опубликовалъ свое открытіе въ 1853 г. Впослѣдствіи опыты Феддерсена и другихъ подтвердили его выводы; въ 80-ыхъ годахъ математическое изслѣдованіе лорда Кельвина послужило исходнымъ пунктомъ изысканій сэра Оливера Лоджа и безвременно скончавшагося Генриха Герца, приведшихъ къ открытію беспроволочнаго телеграфа.

Еще въ 1851 г. лордъ Кельвинъ началъ пользоваться системой абсолютныхъ единицъ измѣренія, предложенной впервые Гауссомъ и развитой Веберомъ; эта система наиболее отвѣчала потребности въ точныхъ электрическихъ измѣреніяхъ, вызванной нуждами телеграфнаго дѣла. Благодаря настойчивости лорда Кельвина, эта система измѣренія, а вмѣстѣ съ ней и метрическая система единицъ вошли во всеобщее употребленіе: при каждомъ удобномъ случаѣ онъ доказывалъ преимущества десятичной системы надъ британской и добился-таки того, что во всѣхъ научныхъ изслѣдованіяхъ измѣренія начали производить помощью основныхъ метрическихъ единицъ длины, массы и времени. Въ

1861 г. по инициативѣ лорда Кельвина былъ учрежденъ комитетъ для установленія электрическихъ единицъ: сюда, между прочимъ, вошли Уитстонъ, Симменсъ, Максвеллъ, Джауль и др. Этотъ комитетъ функционировалъ цѣлый рядъ лѣтъ и выработалъ систему единицъ, которая теперь принята во всѣхъ странахъ и получила силу закона. Эта работа представляла большія трудности; но предъ трудностями лордъ Кельвинъ никогда не останавливался. Въ одной своей рѣчи о системѣ единицъ, которую онъ держалъ предъ обществомъ гражданскихъ инженеровъ, онъ замѣчаетъ по поводу одного затруднительнаго пункта: „это трудно понять, но чѣмъ предметъ труднѣе, тѣмъ больше стоитъ надъ нимъ подумать“.

Послѣ того, какъ новая система измѣренія, въ основѣ которой лежатъ сантиметръ, граммъ и секунда, въ 1881 г. была утверждена Парижскимъ Международнымъ Конгрессомъ, лордъ Кельвинъ занялся устройствомъ инструментовъ для практическихъ измѣреній тока, потенциала и электрической силы. Изобрѣтеніе „амперъ-метра“ обогатило инженерное дѣло цѣлымъ рядомъ приборовъ выдающихся достоинствъ и чрезвычайной точности. Разрабатывая вопросъ о приливахъ и отливахъ, онъ изобрѣлъ интеграторъ, служившій ему для анализа гармоническихъ составляющихъ періодическихъ измѣненій приливовъ и отливовъ. Этотъ механизмъ, существенная часть котораго состоитъ изъ шара, диска и цилиндра, даетъ возможность вычислять интегралы, къ которымъ приводитъ анализъ Фурье. Этимъ же механизмомъ онъ воспользовался впоследствии при устройствѣ электрическаго счетчика, гдѣ задача сводится къ непрерывному интегрированію переменнаго произведенія изъ силы тока на число вольтъ. Здѣсь же замѣтимъ, что принятая департаментомъ торговли единица электрической энергии — 1000 вольтъ-амперъ-часовъ — имѣла своимъ сторонникомъ лорда Кельвина, выступившаго въ пользу ея введенія въ 1879 г. въ парламентской комиссіи. Предполагалось назвать эту единицу „кельвиномъ“, но лордъ Кельвинъ вслѣдствіе своей прирожденной скромности отклонилъ это предложеніе. Теперь, конечно, пришла пора присоединить и его имя къ числу тѣхъ, которыя уже введены въ международной системѣ единицъ, каковы имена: Вольта, Амперъ, Омъ, Кулонъ, Уаттъ, Фарадей, Джауль, Анри и Гауссъ.

Лордъ Кельвинъ очень любилъ иллюстрировать наиболѣе трудныя понятія помощью моделей. Онъ какъ-то выразился, что онъ ничего не можетъ себѣ уяснить, пока не устроитъ или представитъ себѣ соотвѣтствующую модель. Въ видѣ примѣра укажемъ на цѣпь гиростатовъ, которую онъ предложилъ для иллюстрированія твердыхъ свойствъ эфира. Для того, чтобы пояснять наиболѣе абстрактныя мысли конкретными образами, онъ вводилъ въ аналитическую динамику понятія, заимствованныя изъ кристаллографіи и геодезіи. Какъ одинъ изъ послѣднихъ образчиковъ его генія, упомянемъ о небольшой статьѣ, хранящейся въ прото-

колахъ Королевскаго Общества; она трактуеть о способѣ рисованія узоровъ на обояхъ и называется: „*The Homologous Partition of Space*.“

Всю свою жизнь лордъ Кельвинъ старался отыскать механическое разъясненіе наиболѣе сокровенныхъ явленій, каковы тайны магнетизма и чудеса электричества, загадочное строеніе кристалловъ, противорѣчивыя свойства эфира и оптическія аномаліи. Въ своемъ стремленіи къ механическому пониманію явленій электричества и свѣта, какъ свойствъ вещества или, въ крайнемъ случаѣ, эфира, лордъ Кельвинъ никогда не могъ всецѣло примкнуть къ электромагнитной теоріи свѣта, хотя одно время онъ номинально и являлся сторонникомъ ея.

Въ концѣ своей жизни онъ заинтересовался вопросами, связанными съ открытіемъ радія и его чудеснаго свойства непрерывнаго излученія теплоты; онъ энергично боролся съ гипотезой Рутерфорда, объяснявшей свойства радія самопроизвольнымъ разложеніемъ атомовъ.

Еще не настало время для оцѣнки огромнаго значенія послѣднихъ работъ лорда Кельвина о радіи и объ „электріонахъ“. Достаточно сказать, что и въ этой области онъ проявилъ всю мощь своего гения.

Лордъ Кельвинъ похороненъ въ Вестминистерскомъ Аббатствѣ рядомъ съ останками безсмертнаго Ньютона. На похоронахъ присутствовалъ король, принцъ и представители иностранныхъ державъ и высшихъ ученыхъ учреждений всего міра.

Объ электрической природѣ матеріи.

Вступительная лекція профессора Августо Риги.

(Читано 12 апрѣля 1907 г.).

Переводъ Ю. А. Говсѣева.

Мм. Гг.—Съ немалымъ трепетомъ приступаю я къ настоящей—не знаю, какъ назвать: лекціи или рѣчи, потому что мнѣ рѣдко приходится видѣть въ числѣ слушателей, кромѣ университетской молодежи, столь авторитетныхъ ученыхъ, товарищей и друзей, и я плохо отплатилъ бы за оказанную мнѣ честь, если бы вызвалъ скуку въ однихъ или разочарованія въ другихъ. Чтобы избѣжать первой изъ этихъ опасностей, которая меня наиболѣе пугаетъ, мнѣ приходится воздержаться отъ слишкомъ сложныхъ разсужденій, а чтобы не подвергнуться другой, я вынужденъ изложить весь свой скромный запасъ мыслей и знаній, памятуя, что многіе изъ присутствующихъ

товарищей могли бы безъ всякаго ущерба для аудиторіи занять мое мѣсто.

Даже выборъ темы для лекціи представилъ бы для меня затрудненіе, если бы я не поспѣшилъ послѣдовать данному мнѣ нѣкоторыми друзьями совѣту изложить вкратцѣ современные взгляды на строеніе матеріи и на причины явленій физическаго міра—взгляды, которые уже были мною изложены въ небольшой книжкѣ компилятивнаго характера, имѣвшей неожиданный успѣхъ.

Но эта тема такъ обширна, что я могу лишь поверхностно коснуться ея и, чтобы сократить изложеніе и сдѣлать его по возможности яснымъ, прибѣгнуть къ нѣкоторымъ экспериментамъ.

Новая гипотеза о строеніи тѣлъ, получившая преобладаніе въ настоящее время, по справедливости, можетъ быть названа *гипотезой электрической природы матеріи*. Всего нѣсколько лѣтъ тому назадъ подобная фраза, несомнѣнно, показалась бы нелѣпой, между тѣмъ какъ теперь эта теорія встрѣчаетъ всеобщее одобреніе и общааетъ дать плодотворные результаты.

Основные гипотезы въ наукѣ полезны и даже необходимы.

Человѣкъ, находясь во взаимодействіи съ внѣшнимъ міромъ при посредствѣ своихъ чувствъ, неизбѣжно создаетъ въ своемъ умѣ изображеніе того, что его окружаетъ. До нѣкоторой степени это изображеніе соотвѣтствуетъ дѣйствительности, хотя мы, собственно говоря, не можемъ даже говорить о дѣйствительности, ибо она представляетъ собою чисто метафизическій вопросъ, для разрѣшенія котораго оказались напрасными вѣковыя усилія. Но экспериментальная наука,—по крайней мѣрѣ, въ современной своей стадіи,—должна отрѣшиться отъ всякихъ сомнѣній этого рода и должна предполагать полное соотвѣтствіе между мысленнымъ изображеніемъ вещей и ихъ дѣйствительностью. Всякій скептицизмъ *a priori* будетъ въ данномъ случаѣ препятствіемъ ея развитію и ея успѣхамъ.

Къ этому мысленному отображенію окружающаго міра присоединяется мало-по-малу, съ возрастомъ индивидуума и съ подъемомъ интеллектуальнаго уровня расы, сознаніе взаимныхъ отношеній между наблюдаемыми фактами и убѣжденіе, что нѣкоторые изъ этихъ фактовъ представляютъ необходимое послѣдствіе другихъ, которые имъ предшествовали или ихъ сопровождаютъ. И тогда само собою и съ непреодолимою силой, въ особенности въ болѣе развитыхъ умахъ, возникаетъ желаніе дойти до первоначальныхъ причинъ, чтобы получить возможность предвидѣть до извѣстной степени будущія явленія, основываясь на наблюденіяхъ прошлаго и настоящаго, и такъ какъ до сихъ поръ еще не удалось—и быть можетъ, никогда не удастся—найти первичную причину вещей, то мыслитель старается постигнуть своимъ умомъ или отгадать то, что ему не дано открыть непосредственно. Такимъ образомъ возникаютъ основные гипотезы, которыя, помимо того, что отвѣчаютъ реальной потребности нашего ума, имѣютъ

весьма важное практическое значеніе, которое само по себѣ способно оправдать ихъ принятіе, а именно, онѣ даютъ возможность собирать и группировать все возрастающее число научныхъ фактовъ, уяснять ихъ взаимныя отношенія, облегчать ихъ изученіе и пониманіе и приходиться къ открытію новыхъ истинъ.

Къ числу основныхъ гипотезъ, съ давняго времени принятыхъ въ наукѣ, принадлежитъ гипотеза объ атомистическомъ строеніи матеріи. Созданная еще въ античную эпоху, эта гипотеза, въ противоположность другой, по которой матерія непрерывна и, слѣдовательно, дѣлима до безконечности, нашла, по воцареніи экспериментальнаго метода, надежную основу въ безчисленныхъ фактахъ, и въ настоящее время, какъ извѣстно каждому образованному человѣку, всякое тѣло считается состоящимъ изъ мельчайшихъ невидимыхъ частицъ, называемыхъ молекулами. Всѣ тѣ частицы, которыя составляютъ какое-нибудь опредѣленное тѣло, совершенно равны между собою, но могутъ отличаться отъ другихъ, которыя, будучи также тождественны между собою, образуютъ массу другого тѣла. Кромѣ того, наличность фактовъ химическаго свойства заставляеть признать, что каждая молекула, въ свою очередь состоитъ изъ еще болѣе мелкихъ частицъ, называемыхъ атомами, при чемъ атомы, входящіе въ составъ молекулы, различны между собою, если дѣло идетъ о молекулѣ сложнаго тѣла, и наоборотъ, тождественны между собою, если мы имѣемъ дѣло съ химически-простымъ тѣломъ.

Различные химическіе элементы состоятъ, такимъ образомъ, изъ различнаго рода атомовъ, которые, соединяясь между собою въ различныхъ количествахъ и различнымъ способомъ, образуютъ молекулы всѣхъ тѣлъ, существующихъ въ природѣ.

Гипотеза атомистическаго строенія матеріи подтверждается столь многими несомнѣнными фактами, что въ настоящее время считается почти доказанной истиной, и мы стараемся теперь—и не безъ успѣха—опредѣлить, хотя приблизительно, величины молекулъ, число ихъ, заключающееся въ опредѣленномъ объемѣ извѣстнаго тѣла, и, наконецъ, изучить тѣ движенія, которыя имъ свойственны; относительно этихъ движеній замѣтимъ, что ихъ природа—по крайней мѣрѣ, въ случаѣ наиболѣе простомъ, т. е. въ газообразныхъ тѣлахъ—можетъ считаться вполне извѣстной.

Какъ ни велико число молекулъ, составляющихъ тѣло, оказывается, что строеніе матеріи не многимъ тоньше деталей тѣхъ сложныхъ строеній, которыя могутъ быть видимы подъ хорошимъ микроскопомъ. Можно считать, что разстояніе между двумя смежными молекулами составляетъ лишь $\frac{1}{300}$ или $\frac{1}{400}$ наименьшаго линейнаго разстоянія, которое можетъ быть различимо посредствомъ этого чудеснаго оптическаго инструмента.

Наиболѣе точныя вычисленія относятся къ газамъ, и на основаніи ихъ строеніе газообразнаго тѣла можно представлять себѣ въ слѣдующемъ видѣ. Каждый кубическій сантиметръ газа,

приведеннаго къ нормальнымъ условіямъ, т. е. къ температурѣ тающаго льда и давленію въ 76 сант., содержитъ въ себѣ число молекулъ, которое изображается цифрою 4 съ шестнадцатью нулями. Каждая изъ этихъ молекулъ встрѣчаетъ при своемъ поступательномъ движеніи шесть милліардовъ другихъ молекулъ въ теченіе секунды, при чемъ каждое такое столкновеніе рѣзко мѣняетъ не только направленіе ея движенія, но и ея скорость. Въ промежуткахъ между этими послѣдовательными столкновеніями молекула движется по прямому направленію, при чемъ скорость ея можетъ быть весьма различна, но въ среднемъ, если ограничиться примѣромъ кислорода или азота, она равняется 460 метрамъ въ секунду, при чемъ отклоненія отъ приведенной цифры въ ту или другую сторону тѣмъ рѣже, чѣмъ они значительнѣе.

Весьма понятно, что по мѣрѣ разрѣженія газа столкновенія молекулъ происходятъ черезъ болѣе продолжительныя промежутки времени, въ жидкостяхъ же они происходятъ значительно чаще. Что же касается твердыхъ тѣлъ, то отсутствіе явленій диффузіи, столь характерныхъ для жидкаго и газообразнаго состоянія, заставляетъ принять, что въ этихъ тѣлахъ молекулярныя движенія имѣютъ характеръ колебаній, т. е. что каждая молекула можетъ лишь на незначительное разстояніе смѣститься со своего средняго положенія. Молекулы газа, кромѣ взаимнаго столкновенія, еще, такъ сказать, бомбардируютъ стѣнки сосуда, въ которомъ заключается газъ, что и служитъ причиною давленія, оказываемаго газомъ. Благодаря этимъ безчисленнымъ столкновеніямъ молекулъ получается извѣстная равномерность въ распредѣленіи молекулярной скорости, а отсюда—равномерность давленія, если только газъ не настолько разрѣженъ, что размѣры сосуда меньше того прямолинейнаго пути, который проходитъ въ среднемъ каждая молекула отъ одного столкновенія до другого. Въ этомъ случаѣ равномерность давленія можетъ исчезнуть, и обнаруживаются тѣ явленія, которыя такъ явственно выступаютъ въ опытахъ съ радіометромъ Крукса, гдѣ вращеніе маленькой мельнички служить, такъ сказать, видимымъ доказательствомъ молекулярныхъ движеній.

Такъ какъ молекулы представляютъ собою системы атомовъ, то взаимное расположеніе послѣднихъ не можетъ быть постояннымъ, хотя бы уже вслѣдствіе молекулярныхъ столкновений. Всѣ данныя говорятъ за то, что каждая молекула представляетъ собою систему движущихся атомовъ, напоминающую до извѣстной степени солнечную систему, при чемъ ея составныя элементы обладаютъ быстрыми круговыми движеніями.

Энергія всѣхъ этихъ невидимыхъ движеній представляетъ собою теплоту, содержащуюся въ тѣлахъ. Какъ всякому извѣстно, старая гипотеза тепловой жидкости уже давно опровергнута, равно какъ и родственная ей гипотеза происхожденія свѣта отъ истеченія свѣтовой жидкости. Хотя уже само по себѣ полное тождество въ характерѣ тепловаго и свѣтоваго лучеиспусканія,

доказанное Македоніемъ Меллони, не позволило бы сохранить одну изъ этихъ гипотезъ, но и каждая изъ нихъ въ отдѣльности была опровергнута: первая—благодаря многочисленнымъ экспериментальнымъ доказательствамъ постоянной эквивалентности между тепломъ и механической энергіей, а вторая—благодаря опытамъ безсмертнаго Френеля, доказавшаго колебательный характеръ свѣтовыхъ явленій.

Но чтобы имѣть цѣльное понятіе о физическихъ явленіяхъ, недостаточно имѣть ясное представленіе о строеніи вѣсомой матеріи и о природѣ тепловыхъ и свѣтовыхъ явленій, а необходимо принять существованіе особаго вещества, которому было дано названіе эфира,—вещества, отличнаго отъ матеріи, распространеннаго какъ въ громадномъ междупланетномъ пространствѣ, такъ равно и въ межаутомныхъ промежуткахъ и служащаго средою для тепловыхъ и свѣтовыхъ волнъ. Но есть классъ явленій, быть можетъ, наиболѣе интересныхъ, а именно—явленій электрическихъ (куда относятся и явленія магнетизма, для которыхъ уже со времени Ампера считаютъ излишнимъ прибѣгать къ гипотезѣ специальной магнитной жидкости), для объясненія которыхъ все-таки невозможно было обойтись безъ идеи жидкости. Такимъ образомъ, до послѣдняго времени основныя субстанціи, къ которымъ прибѣгали для объясненія явленій физическаго міра, сводились къ тремъ: къ матеріи, эфиру и электрической жидкости, или, какъ говорили, электричеству, чтобы избѣжать употребленія термина, уже нѣкоторымъ образомъ дискредитированнаго.

Новыя воззрѣнія, почерпнутыя изъ изслѣдованій, которыя были произведены въ послѣднія десять или двѣнадцать лѣтъ, хотя были подготовлены другими, болѣе ранними изысканіями, производившимися, повидимому, въ очень отдаленныхъ областяхъ, имѣютъ объединяющій характеръ въ томъ отношеніи, что допускаютъ существованіе лишь одного основнаго начала, а именно—эфира. Съ ними неминусемо связана гипотеза единства химическихъ элементовъ—гипотеза, которая, будучи окончательно установлена, совершенно измѣнитъ нашъ взглядъ на превратимость химическихъ элементовъ, которую такъ упорно искали древніе алхимики и которая считалась до послѣдняго времени какою-то химерой.

Гипотеза электрической жидкости подверглась коренному измѣненію уже въ сущности, благодаря трудамъ великаго Максвелла, который сумѣлъ дать точное выраженіе идеямъ Фарадея. Приписываемая электрической жидкости способность дѣйствовать на разстояніи,—способность, которая вплоть до половины прошлаго столѣтія представлялась вполне естественной большинству физиковъ,—показалась для позднѣйшихъ умовъ нелѣпой и несостоятельной, и вотъ почему взгляды знаменитаго англійскаго физика, что электрическія силы, которыя повидимому, дѣйствуютъ на разстояніи, суть проявленія упругихъ силъ эфира,

вызвали всеобщее одобреніе. Когда же, наконецъ, главнымъ образомъ, благодаря экспериментальнымъ работамъ Герца и его послѣдователей, было доказано, что электрическія силы не проявляются мгновенно на любомъ разстояніи, но распространяются съ такою же быстротою, какъ и свѣтъ (какъ это вытекало и изъ воззрѣній Максуэлля),—когда, однимъ словомъ, было доказано съ такою же достовѣрностію, какая только доступна человѣческому уму, что колебанія и волны свѣтovyя и тепловыя суть не что иное, какъ колебанія и волны электромагнитныя, взгляды физиковъ сдѣлались столь согласными, что въ настоящее время не найдется никого, кто осмѣлился бы бросить хотя бы тѣнь сомнѣнія на это великое завоеваніе науки.

Новые факты, которыми я намѣренъ заняться, выясняютъ природу электричества и устанавливаютъ такія отношенія между нимъ и вѣсомой матеріей, что становится вѣроятной гипотеза, которая вскорѣ, несомнѣнно, будетъ всеміи принята, а именно: что матерія сама имѣетъ электрическое происхожденіе. Между тѣмъ какъ въ прошедшемъ дѣлались тщетныя попытки дать механическое объясненіе всемія явленіямъ, не исключая и электрическихъ, въ настоящее время мы приходимъ къ противоположному результату и даемъ электрическое объясненіе всемія явленіямъ, не исключая и самой матеріи.

Тѣсная связь между матеріей и электричествомъ стала извѣстной еще съ тѣхъ поръ, какъ было открыто и детально изучено явленіе электролиза, т. е. разложенія, претерпѣваемаго нѣкоторыми тѣлами, особенно—соляными растворами, подъ вліяніемъ электрическаго тока. Объясненіемъ этихъ явленій занялась электрохимія. Послѣдняя показала, что молекула соли при своемъ разложеніи просто-на-просто расщепляется на двѣ части, названныя іонами и обладающія противоположными электрическими зарядами; каждый іонъ состоитъ изъ одного простого атома или изъ группы атомовъ, которые могутъ быть между собою тождественны или различны. Открытые Фарадеемъ законы электролиза показываютъ, что два іона, происходящіе изъ одной молекулы, обладаютъ равными и противоположными электрическими зарядами, и что эти заряды имѣютъ одинаковую абсолютную величину для атомовъ или іоновъ одновалентныхъ тѣлъ, какъ, напр., хлора и водорода, двойную величину для іоновъ двухвалентныхъ тѣлъ, какъ, напр., кислорода, т. е. тѣхъ тѣлъ, каждый атомъ которыхъ требуетъ для полнаго насыщенія двухъ атомовъ одновалентнаго тѣла,—и такъ далѣе.

Электрическій токъ въ растворѣ представляетъ собою постепенное перенесеніе іоновъ этихъ двухъ видовъ къ электродамъ противоположнаго наименованія. Такіе іоны всегда находятся въ растворѣ, такъ какъ въ немъ непрерывно происходитъ распаденіе молекулъ на іоны и ихъ новое возстановленіе,—по всей вѣроятности, подъ вліяніемъ взаимныхъ столкновеній; присутствіе же электродовъ, т. е. двухъ проводниковъ, соединенныхъ съ проти-

воположными полюсами источника электричества, сообщает имъ одну составляющую скорости, подѣ влияніемъ которой каждый изъ нихъ мало-по-малу приближается къ электроду противоположнаго наименованія.

Когда іонъ достигаетъ электрода, онъ отдаетъ ему свой электрическій зарядъ, который проникаетъ такимъ образомъ въ металлическую цѣпь и становится составною частью тока. Въ настоящее время принимается, что этотъ зарядъ, имѣющій одинаковую величину для всякаго химическаго атома и составляющій естественную единицу для измѣренія электричества, остается нетронутымъ, когда вступаетъ въ металлическій проводникъ, и не соединяется съ прочими, слѣдующими по тому же пути, а слѣдовательно, онъ не составляетъ съ ними одного непрерывнаго цѣлага, понимаемаго подѣ названіемъ электрической жидкости. Другими словами признается, что этотъ зарядъ представляетъ собою нѣчто неизмѣнное, на подобіе атома всякаго тѣла, т. е. нѣчто въ родѣ *электрическаго атома*, для обозначенія котораго теперь всѣми принято слово „электронъ“.

Такимъ образомъ, вмѣсто прежней непрерывной электрической жидкости, мы разумѣемъ подѣ электричествомъ вещество атомистическаго строенія, т. е. состоящее изъ безчисленныхъ совершенно равныхъ между собою частицъ, при чемъ для образованія единицы мѣры, называемой *электростатической*, требуется столько этихъ частицъ, сколько составляетъ третья часть числа, изображаемаго единицей съ десятью нулями.

Весьма вѣроятно, что существуютъ электроны какъ отрицательные, такъ и положительные. Но, какъ я скоро поясню, лишь для первыхъ найдено въ послѣдніе годы достовѣрное доказательство отдѣльнаго и независимаго существованія, и потому, когда говорится объ электронахъ, обыкновенно разумѣются только отрицательные электроны. Избытокъ или недостатокъ электроновъ въ какомъ-либо тѣлѣ обуславливаетъ собою отрицательный или положительный зарядъ самого тѣла. Если мы имѣемъ дѣло съ хорошимъ проводникомъ, то движеніе электроновъ совершается въ немъ съ наибольшею свободою. Мало того, въ силу стремленія металлическихъ атомовъ превращаться въ положительные іоны въ растворахъ солей, что доказываетъ крайнюю легкость, съ какою они теряютъ часть своихъ электроновъ, становится весьма вѣроятнымъ, что въ металлахъ множество атомовъ превращены въ положительные іоны, и что въ межуатомныхъ промежуткахъ свободно движется множество свободныхъ электроновъ, подобно молекуламъ газа въ окружающемъ сосудѣ, при чемъ безпрестанное столкновеніе электроновъ и іоновъ влечетъ за собою возстановленіе нейтральныхъ атомовъ и отдѣленіе электроновъ отъ другихъ атомовъ. Теперь становится понятнымъ, какимъ образомъ электрическая сила, воздѣйствующая на подобную систему, сообщаетъ движенію электроновъ составляющую скорости въ опредѣленномъ направленіи, вызывая такимъ образомъ то, что носитъ названіе электрическаго тока.

Факты электролиза, какъ сказано, были извѣстны уже давно, и хотя они ясно указывали на удобство допущенія атомистическаго строенія электричества, тѣмъ не менѣе электронная теорія была введена въ науку лишь въ послѣднее время. Дѣло въ томъ, что физика достигла столь высокой степени развитія, что никто не осмѣлился бы предложить новую гипотезу, не будучи въ состояннн подтвердить ее многочисленными и достовѣрными доказательствами, которыя могли бы превратить ее въ несомнѣнную истину. Такъ, напримѣръ, теорія свѣтовыхъ волнъ лишь тогда была принята въ наукѣ, когда было доказано, что она даетъ даже численное объясненіе всѣмъ извѣстнымъ явленіямъ и позволяетъ предвидѣть новыя, какъ это имѣло мѣсто съ явленіемъ конической рефракціи. Она осталась незыблемой даже и послѣ того, какъ претерпѣла внутреннее видоизмѣненіе формальнаго характера, вслѣдствіе котораго свѣтотыя волны, которыя раньше уподоблялись волнамъ упругой среды, въ настоящее время считаются волнами электрическими.

Доказательства существованія электроновъ были собраны лишь недавно и явились результатомъ изслѣдованій, которыя производились въ совершенно особыхъ и независимыхъ областяхъ и тѣмъ не менѣе привели къ удивительно согласнымъ результатамъ.

Первое ясное указаніе на существованіе электроновъ, если и не свободныхъ, то все же не соединенныхъ съ матеріальною массою атома, получилось при попыткѣ примѣнить теорію Лорентца и Лармора къ объясненію любопытнаго наблюденія, сдѣланнаго въ 1896 году молодымъ голландскимъ физикомъ Зееманомъ. Теорія Лорентца имѣла своимъ назначеніемъ дополнить гипотезу Максвелла, которая, давая полное и превосходное объясненіе большинству свѣтовыхъ явленій, не охватывала, однако, такихъ явленій, въ которыхъ кромѣ эйера, распространяющаго волны, принимается то или иное участіе вѣсомая матерія. Вотъ въ основныхъ чертахъ ея формулировка. Принимая, что молекулы всѣхъ тѣлъ состоятъ изъ двухъ категорій іоновъ, мы приходимъ къ логическому выводу, что связь между эйеромъ и матеріей поддерживается ихъ электрическими зарядами, которые, вибрируя, порождаютъ волны или, наоборотъ, воспринимаютъ на подобіе резонатора энергію отъ волнъ, давая мѣсто явленію поглощенія. Исходя изъ этой идеи, Лорентцъ пришелъ къ выводу, что для приведенія электромагнитной теоріи свѣта въ полное согласіе съ фактами, нужно еще признать, что только заряды одного опредѣленнаго наименованія, а не противоположнаго, принимаютъ участіе въ этихъ явленіяхъ.

При такихъ условіяхъ, едва только Лорентцъ узналъ о сдѣланномъ его ученикомъ наблюденіи, онъ воспользовался своею теоріей и не только объяснилъ его, но и предсказалъ нѣкоторыя особенности, которыя при первыхъ опытахъ не были подмѣчены, но которыя впослѣдствіи въ точности подтвердились. Въ самомъ

дѣлѣ, то, что впервые замѣтилъ Зеemannъ и на что до него другіе наблюдатели не обратили вниманія, заключается въ расширеніи полосъ спектра свѣтящагося газа, когда послѣдній помѣщается между полюсами сильнаго магнита.

Извѣстно, что, когда мы при помощи призмы или другого инструмента разлагаемъ свѣтъ, испускаемый какимъ-нибудь тѣломъ, то мы получаемъ спектръ, представляющій собою цѣлый рядъ изображеній той узкой щели, сквозь которую пропускается анализируемый свѣтъ, при чемъ эти изображенія располагаются рядомъ и соотвѣтствуютъ простымъ свѣтовымъ лучамъ различныхъ колебательныхъ періодовъ и потому дающимъ различные цвѣта. Если тѣло находится въ твердомъ или жидкомъ состояніи, то оно обыкновенно испускаетъ всѣ видимые лучи, и его спектръ представляетъ собою непрерывную полосу извѣстныхъ цвѣтовъ; если же мы имѣемъ дѣло съ газомъ, то спектръ сводится къ одной или нѣсколькимъ отдѣльнымъ полоскамъ, такъ какъ газъ испускаетъ лишь опредѣленные лучи и не даетъ промежуточныхъ, подобно тому, какъ музыкальный инструментъ даетъ звуки опредѣленной высоты и не можетъ воспроизводить промежуточныхъ тоновъ.

Итакъ, первое наблюденіе Зеemана заключалось лишь въ констатированіи факта, что подъ вліяніемъ магнетизма газъ даетъ въ спектрѣ утолщенные линіи; но Лорентцъ, исходя изъ своей теоріи, предусмотрѣлъ, что здѣсь дѣло идетъ о другой вещи, а именно, что каждая линія должна замѣниться двумя или тремя новыми линіями, смотря по обстоятельствамъ, и что свѣтъ этихъ линій долженъ быть опредѣленнымъ образомъ поляризованъ, а именно, въ случаѣ раздвоенія это явленіе представляетъ собою продуктъ круговыхъ колебаній, а въ остальныхъ случаяхъ—прямолинейныхъ колебаній опредѣленныхъ направленій. И дѣйствительно, прибѣгая къ болѣе совершеннымъ экспериментальнымъ способамъ, Зеemannъ вполнѣ подтвердилъ эти теоретическія предвидѣнія.

Чтобы дать болѣе конкретное представленіе о характерѣ этого весьма интереснаго явленія, по крайней мѣрѣ, въ частномъ и наиболѣе простомъ случаѣ, когда испускаемый газомъ свѣтъ имѣетъ то же направленіе, что и магнитная сила, я воспользуюсь довольно извѣстной аналогіей изъ кинематики, именно колебанія маятника, колебанія звуковыя и свѣтовыя, можно разсматривать, какъ результатъ двухъ противоположныхъ круговыхъ колебаній: одного праваго (т. е. совпадающаго съ движеніемъ часовой стрѣлки) и другого лѣваго. Итакъ, поставимъ на мѣсто свѣтового колебанія, дающаго опредѣленную линію въ спектрѣ газа, два эквивалентныхъ ему круговыхъ колебанія и разсмотримъ одно изъ нихъ. Согласно указанной гипотезѣ, оно представляетъ собою не что иное, какъ кругообразное движеніе наэлектризованной частицы вокругъ точки притяженія. Если на сцену является магнитная сила, то къ силѣ, которая притягиваетъ частицу къ центру ея орбиты, присоединится электромагнитная сила, которая, по извѣ-

стному закону, будетъ одновременно перпендикулярна къ магнитной силѣ и къ скорости частицы и будетъ имѣть направленіе, проходящее черезъ указанное положеніе равновѣсія. Отсюда простечетъ уменьшеніе или увеличеніе колебательнаго періода, т. е. времени, употребляемаго частицей на прохожденіе своей траекторіи. Если мы обратимся къ разсмотрѣнію другого составляющаго колебанія, то увидимъ, что оно подвергнется противоположному измѣненію. Вслѣдствіе этого, вмѣсто первоначальнаго луча, имѣвшаго опредѣленный періодъ и сосредоточеннаго въ опредѣленной линіи спектра, мы должны подъ вліяніемъ магнетизма получить два новыхъ луча, одинъ съ періодомъ немного меньшимъ, а другой съ періодомъ немного большимъ противъ первоначальнаго, которые и образуютъ въ спектрѣ двѣ линіи вмѣсто одной первоначальной. Кромѣ того, круговыя колебанія въ обоихъ лучахъ будутъ взаимно противоположны.

Таковы были теоретическіе выводы Лорентца изъ его же теоріи для частнаго разсматриваемаго нами случая, и Зеemannъ не замедлилъ подтвердить ихъ въ точности на опытѣ.

Къ сожалѣнію, при столь многочисленной аудиторіи нѣтъ возможности повторить интересный опытъ Зеemана, но зато можно представить здѣсь косвенное доказательство этого явленія, можно воспроизвести аналогичное явленіе, обратившись не къ лучеиспусканію газа, а къ поглощенію имъ свѣта.

Извѣстенъ экспериментальный законъ, по которому газъ, помѣщенный на пути бѣлаго свѣтового луча, поглощаетъ изъ числа составныхъ лучей послѣдняго именно тѣ лучи, которые онъ самъ способенъ излучать. По этой причинѣ, вмѣсто полнаго и сплошнаго спектра, состоящаго изъ всѣхъ цвѣтовъ бѣлаго луча, получается спектръ, прерываемый темными линіями, которыя по мѣсту своего расположенія вполнѣ соотвѣтствуютъ свѣтовымъ линіямъ спектра того же газа. Этотъ законъ тождества между поглощеніемъ и излученіемъ сохраняется и въ томъ случаѣ, если свѣтъ, идущій газъ, подвергнуть дѣйствію магнита. Отсюда слѣдуетъ, если мы снова ограничимся случаемъ, когда направленіе луча совпадаетъ съ направленіемъ магнитной силы, что бѣлый лучъ, проходя черезъ газъ, находящійся въ сферѣ дѣйствія магнита, долженъ дать двѣ линіи вмѣсто одной. Но эти линіи не будутъ совершенно темными, такъ какъ каждая происходитъ отъ поглощенія лишь одного изъ элементовъ, на которые можно разложить данное свѣтовое колебаніе, тогда какъ другая составляющая остается безъ измѣненія.

Основываясь на этихъ соображеніяхъ, мы можемъ произвести тотъ же опытъ съ поляризованнымъ свѣтомъ, т. е. съ такимъ свѣтомъ, колебанія котораго, оставаясь поперечными, получаютъ опредѣленное направленіе,—напримѣръ, вертикальное. Оптика указываетъ способы полученія такого свѣта,—напримѣръ, посредствомъ кристалла, составленнаго изъ двухъ кусковъ и носящаго названіе призмы Николя, или, просто, „николя“. Вотъ этотъ

николь пропускаетъ лишь такія колебанія, которыя имѣютъ по отношенію къ нему опредѣленное направленіе, и если свѣтовой лучъ, прошедшій черезъ николь, а затѣмъ между полюсами большого электромагнита, который стоитъ передо мною, встрѣчаетъ второй николь, то мы можемъ всегда повернуть послѣдній такимъ образомъ, чтобы этотъ лучъ совершенно исчезъ, какъ я это и дѣлаю. Впрочемъ, до сихъ поръ электромагнитъ какъ бы не существуетъ, потому что черезъ его обмотку не пропущенъ токъ. Если я теперь пушу сильный токъ и зажгу между полюсами яркое пламя натрія (именно это газообразное тѣло я избралъ для опыта), то на экранѣ, какъ вы видите, появляется блестящій дискъ желтаго свѣта. Прошу замѣтить, что, какъ бы теперь я ни вращалъ второй николь, я уже не могу уничтожить этого свѣта; отсюда ясно, что въ данномъ случаѣ мы имѣемъ дѣло не съ простымъ, извѣстнымъ явленіемъ, такъ называемымъ опытомъ Фарадея, т. е. не съ магнитнымъ вращеніемъ плоскости поляризаціи.

Показанный опытъ объясняется весьма просто. Такъ какъ вмѣсто каждой черной линіи спектра поглощенія газа подъ вліяніемъ магнитической силы является система изъ двухъ линій съ неполнымъ поглощеніемъ, то въ каждой изъ нихъ остается одно круговое колебаніе, вслѣдствіе чего второй николь не можетъ ихъ уничтожить. Въ сущности, каждое изъ нихъ можетъ быть разложено на два прямолинейныхъ, взаимно перпендикулярныхъ колебанія, изъ которыхъ одно уничтожается николемъ, а другое свободно передается.

На самомъ дѣлѣ показанное мною явленіе происходитъ не такъ просто, какъ можно думать по приведенному разсужденію и какъ я самъ себѣ представлялъ, когда впервые придумалъ этотъ опытъ. Оказывается, что при недостаточномъ разрѣженіи газа и болѣе или менѣе значительной толщинѣ линій спектра вмѣстѣ съ ожидаемымъ мною результатомъ получилось и явленіе Фарадея. Тѣмъ не менѣе описанный опытъ далъ мнѣ возможность открыть, что явленіе Зеемана получается при употребленіи двуокиси азота и другихъ цвѣтныхъ газовъ, какъ это впоследствии и оправдалось.

Но важность опытовъ Зеемана заключается въ слѣдующемъ.

Сопоставляя полученные результаты съ ихъ теоретическимъ толкованіемъ, пришли къ двумъ выводамъ, а именно, что колеблющіяся частицы обладаютъ отрицательнымъ зарядомъ и что, положивъ ихъ зарядъ равнымъ тому значенію, которое соответствуетъ одновалентному іону, мы получаемъ, что связанная съ ними матеріальная масса несравненно меньше массы атома, — въ тысячу разъ меньше атома водорода, легчайшаго изъ всѣхъ извѣстныхъ атомовъ. Какъ мы сейчасъ увидимъ, эти частицы, обладающія ничтожною массой и отрицательнымъ зарядомъ, не что иное, какъ электроны.

Но этихъ замѣчательныхъ результатовъ было все же недостаточно для принятія новыхъ взглядовъ: потребовались еще бо-

лѣе вѣскія доказательства существованія электроновъ. Эти доказательства были, главнымъ образомъ, почерпнуты изъ изученія электрическаго разряда въ разрѣженныхъ газахъ.

Газы способны проводить электрическій разрядъ или токъ. Съ давнихъ поръ возникла гипотеза, что они становятся проводниками на подобіе растворовъ, т. е. благодаря присутствію іоновъ двоякаго рода; но этотъ взглядъ, теперь принятый всѣми, вначалѣ признавался лишь немногими, такъ какъ не умѣли объяснить, какимъ образомъ въ химически простомъ газѣ могутъ существовать атомы, заряженные положительно, и атомы, заряженные отрицательно, хотя и совершенно тождественные по своей природѣ. Теперь же, въ силу электронной теории, іонизація газовъ считается реальнымъ фактомъ и рисуется въ слѣдующемъ видѣ. Если отъ атома отдѣляется электронъ, атомъ становится положительнымъ іономъ; если свободный электронъ соединяется съ атомомъ, послѣдній становится отрицательнымъ іономъ, и нѣтъ ничего невозможнаго, что оба эти противоположные процессы дѣйствительно могутъ происходить, такъ какъ, каковы бы ни были причины іонизаціи, каждый изъ этихъ процессовъ зависитъ отъ условій мѣста и движенія, въ которыхъ каждый атомъ въ данное время находится.

При помощи теории іонизаціи, или *электрической диссоціаціи* газовъ удалось дать удовлетворительное объясненіе всѣмъ существеннымъ явленіямъ разряда,—въ особенности же разрядамъ въ газахъ крайне слабаго давленія, гдѣ,—быть можетъ, противъ ожиданія,—явленіе принимаетъ сравнительно простой характеръ.

Во всякомъ случаѣ есть основаніе полагать, что тамъ, гдѣ іоны или (въ случаяхъ сильно разрѣженныхъ газовъ) электроны, обладающіе извѣстною скоростью подѣ влияніемъ электрической силы, вызываютъ своими столкновеніями іонизацію молекулъ, получается свѣтъ, съ періодами колебаній, характерными для атомовъ или іоновъ, съ которыми мы имѣемъ дѣло.

Такая іонизація вслѣдствіе столкновений, если мы имѣемъ дѣло съ весьма разрѣженнымъ газомъ, происходитъ въ определенныхъ областяхъ, не затрагивая другихъ, и это обстоятельство даетъ возможность лучше понять различныя особенности разрядовъ въ этомъ случаѣ.

Всѣмъ извѣстны электрическія искры, которыя достигаютъ нѣсколькихъ дециметровъ длины, когда онѣ получаются на нашихъ аппаратахъ, и нѣсколькихъ километровъ, когда онѣ бороздятъ атмосферу во время сильной грозы. Если искра вызывается въ постепенно разрѣжаемомъ газѣ, то она постепенно измѣняетъ свой видъ, и съ достиженіемъ наибольшаго разрѣженія даетъ начало весьма интереснымъ явленіямъ.

Первымъ результатомъ разрѣженія является то обстоятельство, что искра становится менѣ шумной и яркой, но зато болѣе толстой и длинной. При помощи электрической машины, которая на воздухѣ при обыкновенномъ давленіи даетъ искры до 35 с.

длины, я могу получить при надлежащихъ условіяхъ искру до четырехъ метровъ длиною, какъ вы это видите въ этой длинной трубѣ, въ которой давленіе воздуха доведено до нѣсколькихъ сантиметровъ.

Если продолжать уменьшать давленіе воздуха, то замѣчаются болѣе интересныя измѣненія, какъ мы наблюдаемъ въ этихъ трубкахъ, въ которыхъ мы имѣемъ воздухъ различнаго разрѣженія; того же самаго я достигаю и въ этой трубкѣ, когда я быстро разрѣжаю заключенный въ ней воздухъ, погружая ея боковой оттокъ, наполненный растительныхъ углемъ, въ сосудъ съ жидкимъ воздухомъ, который я приготовилъ передъ лекціей. Вы видите, что прежде всего у отрицательнаго электрода свѣтъ прерывается такъ наз. темнымъ пространствомъ Фарадея, такъ что самый потокъ свѣта теперь состоитъ изъ двухъ отдѣльныхъ частей: фіолетоваго свѣта у отрицательнаго электрода, или *катода*, и красноватаго пучка, который протирается отъ *анода*, или положительнаго электрода, вплоть до темнаго промежутка. Съ дальнѣйшимъ разрѣженіемъ увеличивается протяженіе отрицательнаго свѣта и темнаго пространства, на счетъ положительнаго свѣта, который, въ концѣ концовъ, исчезаетъ. Въ то же время, какъ мы видимъ, отрицательный свѣтъ раздѣляется на двѣ части, отдѣленные одна отъ другой менѣе свѣтлымъ промежуткомъ, который называется *темнымъ пространствомъ катода*. При дальнѣйшемъ разрѣженіи отрицательный свѣтъ продолжаетъ распространяться къ аноду, но въ то же время, какъ легко можно видѣть, теряетъ въ своей яркости. При этомъ начинаетъ обнаруживаться и новое явленіе: самая стѣнка трубки начинаетъ свѣтиться съ возрастающею яркостью прекраснымъ зеленымъ свѣтомъ, какъ будто катодъ представляетъ собою свѣтовой источникъ. И мало того: какъ мы сейчасъ увидимъ, если я начну слегка встряхивать трубку для того, чтобы внутренняя стеклянная трубка, помѣщенная съ этой цѣлью въ боковой вѣтви аппарата, выдвинулась и помѣстилась между катодомъ и противоположной стѣнкой, то на послѣдней мы тотчасъ увидимъ тѣнь, какъ будто внутренняя трубка представляетъ собою тѣло, непрозрачное для тѣхъ лучей, которыми вызывается фосфоресценція стекла. Мы видимъ предъ собою знаменитые *катодные лучи*, которые, подавъ поводъ къ многочисленнымъ изысканіямъ для физиковъ всѣхъ странъ, въ результатѣ послужили ключомъ къ раскрытію многихъ загадокъ.

(Продолженіе слѣдуетъ).

Замѣтка по кинетической теоріи газовъ.

Элементарный выводъ формулы адиабатическаго измѣненія для одноатомныхъ газовъ.

Кинетическая теорія газовъ, какъ извѣстно, исходитъ изъ представленія о газѣ, какъ объ агрегатѣ громаднаго числа весьма маленькихъ тѣлецъ—молекулъ, которыя являются физическими индивидуумами, единицами, вообще говоря, физически недѣлимыми ¹⁾.

Исходя изъ такого представленія, изъ такой „модели“, можно истолковать многія свойства газовъ, какъ механическія слѣдствія движенія молекулъ, носителей массы; при этомъ температура толкуется, какъ средняя живая сила частицъ; давленіе—какъ сумма импульсовъ, получаемыхъ за секунду единицей поверхности стѣнки содержащаго газъ сосуда отъ ударяющихся объ нее молекулъ; внутреннее треніе—тоже какъ потеря въ количествѣ движенія, отдаваемого движущимся тѣломъ отдѣльнымъ набѣгающимъ на него молекуламъ и т. д.

Такимъ образомъ обыкновенно выводится формула Бойля-Мариотта ($p\nu = \text{const.}$) для изотермическаго измѣненія газовъ (т. е. такого измѣненія состоянія газовъ, при которомъ температура остается постоянной). Въ общихъ чертахъ ходъ вывода при этомъ таковъ: принявъ массу каждой молекулы равной μ , число ихъ въ единицѣ объема равнымъ n и среднюю арифметическую поступательныхъ скоростей молекулъ равной u , вычисляютъ давленіе на единицу стѣнки сосуда, какъ сумму импульсовъ за секунду, и получаютъ это давленіе $p = \frac{1}{3} n\mu u^2$. Затѣмъ, помноживъ обѣ части равенства на величину объема ν , получаютъ:

$$p\nu = \frac{1}{3} \nu n\mu u^2 = \frac{1}{3} N\mu u^2 = \frac{1}{3} \rho u^2 = \frac{2}{3} K, \quad (\alpha)$$

гдѣ N —число молекулъ во всемъ данномъ объемѣ газа, ρ —его масса и K —кинетическая энергія поступательнаго движенія его частицъ.

Теперь перейдемъ къ формулѣ адиабатическаго измѣненія состоянія газа ²⁾. Выражается она такъ: $p\nu^k = \text{const.}$ (Формула Пуассона).

¹⁾ Если оставить въ сторонѣ диссоціацію, „расщепленіе“ молекулы на атомы—тѣльца еще меньшія, чѣмъ молекулы, но одного и того же порядка малости, содержащіяся въ молекулѣ въ конечномъ, и обыкновенно весьма маломъ числѣ, а также расщепленіе на электроны, физическія подъединицы тѣльца высшаго порядка малости сравнительно съ атомами и молекулами.

²⁾ Адиабатическимъ называется такое измѣненіе въ давленіи и объемѣ газа, при которомъ не имѣетъ мѣста переходъ теплоты отъ газа къ окружающей средѣ или обратно; сжимаясь адиабатически, газъ долженъ нагрѣться,

Показатель степени k есть число, для различных газов вообще различное и равное отношенію двухъ теплоемкостей: теплоемкости C_p при постоянномъ давленіи и теплоемкости C_v при постоянномъ объемѣ; въ кинетической теоріи газовъ доказывается (но я не буду останавливаться на этомъ выводѣ), что

$$\frac{C_p}{C_v} = 1 + \frac{2}{3} \frac{K}{H},$$

гдѣ K есть кинетическая энергія поступательнаго движенія молекулъ, а H —полная энергія молекулъ, состоящая изъ трехъ частей: изъ энергіи K поступательной, энергіи вращательной и энергіи интрамолекулярной. Въ случаѣ одноатомнаго газа, напр., паровъ ртути, молекула обладаетъ лишь поступательнымъ движеніемъ; тогда $K=H$ и $k=1+\frac{2}{3}\frac{K}{H}=\frac{5}{3}$. Уравненіе Пуассона

принимаетъ тогда видъ: $pv^{\frac{5}{3}} = \text{const.}$; чѣмъ сложнѣе молекула, тѣмъ меньшую часть полной энергіи H составляетъ энергія K поступательнаго движенія, тѣмъ меньше, слѣдовательно, k .

Уравненіе Пуассона обыкновенно выводятъ, дифференцируя общее уравненіе состоянія газа $pv=RT$ и вводя условія адиабатности. Въ настоящей замѣткѣ я намѣренъ дать элементарный выводъ той же формулы, но для того частнаго случая, когда молекула газа одноатомна, т. е. $k=\frac{5}{3}$.

Представимъ себѣ идеальный кубическій сосудъ, объемомъ равный l_0^3 , съ абсолютно непроницаемыми и зеркально плоскими стѣнками и содержащій данный одноатомный газъ, т. е. N молекулъ—тѣлецъ массы μ , движущихся со средней скоростью u . Скорость u имѣетъ всевозможныя направленія и разлагается на 3 слагающихъ u_x , u_y , u_z . Одна изъ нихъ направлена по ширинѣ куба, скажемъ, по оси x -овъ, другая по длинѣ, допустимъ, оси y -овъ, и третья—по высотѣ—оси z -овъ. Въ среднемъ онѣ равны между собой, а потому для ихъ среднихъ значеній можно написать: $u_x^2 + u_y^2 + u_z^2 = 3u_x^2 = u^2$ или $u_x = u_y = u_z = \frac{u}{\sqrt{3}}$.

ибо не отдаетъ окружающей средѣ теплоты, произведенной работой сжатія; обратно—расширяясь, газъ охлаждается. Это измѣненіе состоянія газа можно осуществить, напримѣръ, увеличивъ или уменьшивъ объемъ газа такъ быстро, что за столь короткое время не успѣетъ произойти обмѣнъ тепла (каковое явленіе происходитъ при распространеніи звука въ быстро сжимающихся и расширяющихся частяхъ звуковыхъ волнъ, а также—со значительнымъ приближеніемъ—въ цилиндрѣ паровой машины съ большимъ числомъ оборотовъ). Можно также, чтобы устранить обмѣнъ тепла, окружить газъ „непроводниками“ теплоты. Можно, наконецъ, мѣнять температуру окружающей среды такъ, чтобы она оставалась постоянно равной температурѣ газа (случай, который встрѣчается въ метеорологіи при приблизительномъ вычисленіи температуры воздуха, поднимающагося навѣрхъ, расширяющагося и вслѣдствіе этого охлаждающагося).

Пусть начальное давление газа будетъ p_0 . Начальный объемъ v_0 , какъ сказано, равенъ l_0^3 . Теперь сожмемъ³⁾ газъ до объема $v_n = l_n^3$. Пусть линейные размѣры куба уменьшатся въ λ разъ, такъ что

$$\frac{v_0}{v_n} = \frac{l_0^3}{l_n^3} = \lambda^3. \quad (3)$$

Спрашивается, какъ увеличится давление въ результатѣ такого сжатія? Ясно, что оно возрастетъ сильнѣе, чѣмъ уменьшился объемъ, ибо, если бы измѣненіе происходило при постоянной температурѣ (т. е. изотермически), по закону Бойля-Мариотта, значить, и при постоянной живой силѣ, или—что то же—при постоянной средней скорости молекулъ, то тогда уже давление возрастало бы какъ разъ пропорціонально уменьшенію объема. Въ случаѣ же адиабатическаго измѣненія, т. е. въ случаѣ, когда приобретаемое при каждомъ ударѣ молекулъ о движущуюся стѣнку сосуда приращеніе кинетической энергіи не отдается окружающей средѣ, скорость частицъ послѣ каждого столкновенія увеличивается, что въ свою очередь еще увеличиваетъ давление газа (вспомнимъ, что давление есть сумма импульсовъ, получаемыхъ за секунду единицей поверхности стѣнки отъ ударовъ налетающихъ на нее тѣлецъ). Мы видимъ, что давление существенно зависитъ отъ скорости. Какова же будетъ скорость частицъ послѣ адиабатическаго перехода газа изъ состоянія (v_0, p_0) въ состояніе (v_n, p_n) .

Разсмотримъ сначала одну слагающую скорости, скажемъ u_x , и прослѣдимъ, какъ она измѣнится послѣ n столкновеній съ тѣми двумя противоположными стѣнками, которыя перпендикулярны къ направленію u_x .

Если послѣ m -го столкновенія съ одной изъ названныхъ стѣнокъ разсматриваемая слагающая была равна u_{xm} , то относительно противоположной стѣнки, движущейся на встрѣчу со скоростью b эта скорость равна $u_{xm} + b$. Послѣ $(m+1)$ -го столкновенія молекула снова отскочитъ отъ стѣнки, какъ вполнѣ упругій шаръ, т. е. нормальная къ стѣнкѣ слагающая ея *относительной* скорости только переимѣнитъ знакъ, оставаясь той же по величинѣ; если передъ столкновениемъ молекула приближалась къ стѣнкѣ съ относительной скоростью $u_{xm} + b$, то послѣ столкновенія она будетъ удаляться отъ нея съ той же относительной скоростью; а такъ какъ скорость стѣнки равна b , то абсолютная скорость $u_{x(m+1)}$ послѣ $(m+1)$ -го столкновенія стала равна $u_{xm} + 2b$; другими словами, она послѣ каждого удара о ту же стѣнку возрастаетъ на $2b$. То же самое справедливо и для другихъ составляющихъ скорости, если и другія пары соответствующихъ стѣнокъ движутся другъ другу на встрѣчу со скоростью b .

Въ тотъ моментъ, когда мы начали сжимать газъ, т. е. начали со скоростью b сближать другъ съ другомъ противоположныя

³⁾ Для случая расширенія газа выводъ тотъ же.

Пусть наша молекула успеетъ n разъ удариться о стѣнку и, кромѣ того, долетитъ послѣ n -го удара какъ разъ до середины сосуда въ тотъ моментъ, какъ мы прекратимъ дальнѣйшее сжатіе газа; тогда промежутокъ времени отъ n -го удара о стѣнку до момента, когда закончится процессъ сжатія газа, равенъ

$$\tau_n = \frac{l_n}{u_{x_n}}, \text{ но путь } l_n \text{ равенъ теперь } \frac{l_0}{2} - b\tau_0 - b\tau_1 - b\tau_2 - \dots - b\tau_n,$$

такъ что

$$\tau_n = \frac{\frac{l_0}{2} - b\tau_0 - b\tau_1 - b\tau_2 - \dots - b\tau_n}{u_{x_0} + 2nb}.$$

Такимъ образомъ имѣемъ рядъ равенствъ:

$$\tau_0 = \frac{\frac{l_0}{2} - b\tau_0}{u_{x_0}},$$

$$\tau_1 = \frac{l_0 - 2b\tau_0 - b\tau_1}{u_{x_0} + 2b},$$

$$\tau_2 = \frac{l_0 - 2b\tau_0 - 2b\tau_1 - b\tau_2}{u_{x_0} + 2.2b},$$

$$\tau_3 = \frac{l_0 - 2b\tau_0 - 2b\tau_1 - 2b\tau_2 - b\tau_3}{u_{x_0} + 2.3b},$$

$$\dots \dots \dots$$

$$\tau_{n-1} = \frac{l_0 - 2b\tau_0 - 2b\tau_1 - \dots - 2b\tau_{n-2} - b\tau_{n-1}}{u_{x_0} + 2(n-1)b},$$

$$\tau_n = \frac{\frac{l_0}{2} - b\tau_0 - b\tau_1 - b\tau_2 - \dots - b\tau_{n-1} - b\tau_n}{u_{x_0} + 2nb}.$$

Освободившись отъ знаменателей и сложивъ полученные равенства, будемъ имѣть:

$$\begin{aligned} u_{x_0} \cdot \sum_0^n \tau + 2b(\tau_1 + 2\tau_2 + 3\tau_3 + 4\tau_4 + \dots + n\tau_n) = \\ = l_0 n - 2b[n\tau_0 + (n-1)\tau_1 + (n-2)\tau_2 + \dots + 2\tau_{n-2} + \tau_{n-1}], \end{aligned}$$

гдѣ одно весьма малое слагаемое $\frac{\tau_n}{2}$ отпущено. Отсюда

$$u_{x_0} \sum_0^n \tau = l_0 n - 2nb \sum_0^n \tau,$$

или же

$$(u_{x_0} + 2nb) \sum_0^n \tau = n \cdot l_0$$

и наконецъ

$$\sum_0^n \tau = \frac{nl_0}{u_{x0} + 2nb}.$$

Но время $\sum_0^n \tau$ есть время, за которое газъ изъ состоянія (p_0, v_0) перешелъ въ состояніе (p_n, v_n) . При этомъ каждая стѣнка перемѣстилась на разстояніе $b \sum_0^n \tau$, слѣдовательно, двѣ противоположныя стѣнки сблизились на $2b \sum_0^n \tau$, и первоначальный объемъ $v_0 = l_0^3$ превратился въ $v_n = l_n^3 = \left(l_0 - 2b \sum_0^n \tau\right)^3$; подставивъ вмѣсто $\sum_0^n \tau$ его значеніе, получимъ:

$$v_n = l_n^3 = \left(l_0 - \frac{2bl_0n}{u_{x0} + 2nb}\right)^3 = l_0^3 \left(\frac{u_{x0}}{u_{x0} + 2nb}\right)^3 = l_0^3 \left(\frac{u_{x0}}{u_{xn}}\right)^3.$$

Легко видѣть, что мы можемъ въ этомъ равенствѣ отношеніе $\frac{u_{x0}}{u_{xn}}$ замѣнить черезъ $\frac{u_0}{u_n}$: въ самомъ дѣлѣ: такъ какъ одновременно сдвигались и другія 4 стѣны, то слагающія скорости u_{x0} и u_{xn} получили то же приращеніе. Значитъ $u_{yn} = u_{zn} = u_{xn} = \frac{u_n}{\sqrt{3}}$.

Итакъ, мы получимъ:

$$v_n = l_n^3 = l_0^3 \left(\frac{u_0}{u_n}\right)^3 = v_0 \left(\frac{u_0}{u_n}\right)^3 \quad (\gamma)$$

Сопоставимъ съ этимъ уравненіемъ ур—іе

$$(\beta) \quad \frac{v_0}{v_n} = \frac{l_0^3}{l_n^3} = \lambda^3 \text{ и ур—іе } (\alpha) \quad pv = \frac{1}{3} \rho u^2,$$

которое можно написать такъ: $p_0 v_0 = \frac{1}{3} \rho u_0^2$ (α)

и

$$p_n v_n = \frac{1}{3} \rho u_n^2 \quad (\alpha_n)$$

Изъ ур—ія (γ) слѣдуетъ: $\frac{v_0}{v_n} = \left(\frac{u_n}{u_0}\right)^3$.

Изъ ур—ія (β) слѣдуетъ: $\frac{u_n}{u_0} = \lambda$.

Кромѣ того, раздѣливъ (α_n) на (α_0) , имѣемъ:

$$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{u_n}{u_0} \right)^2 \left(\frac{v_0}{v_n} \right) = \lambda^2 \cdot \lambda^3 = \lambda^5 \quad (\delta)$$

Сопоставивъ (β) и (δ) , находимъ:

$$\frac{v_0^{5/3}}{v_n^{5/3}} = \lambda^5 = \frac{p_n}{p_0},$$

или же

$$p_0 v_0^{5/3} = p_n v_n^{5/3} = \text{const.}$$

Такимъ образомъ мы вывели формулу Пуассона для одно-
втомныхъ газовъ.

C. P.

Жидкіе кристаллы и теоріи жизни.

Проф. О. Лемана.

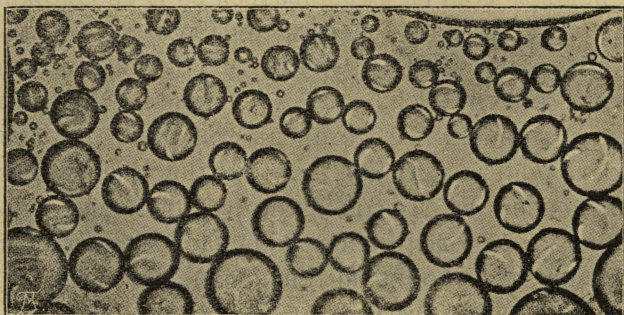
Переводъ съ нѣмецкаго.

(Окончаніе *).

Поглощеніе постороннихъ веществъ текучими кристаллами соотвѣтствуетъ вполне образованію смѣшанныхъ кристалловъ твердаго вещества. Если поглощенная составная часть окрашена, то вліяніе молекулярной направляющей силы на его молекулы обнаружится въ томъ, что окрашенный текучій кристаллъ дастъ явленіе дихроизма, (напримѣръ, эфиръ параазоксибензойной кислоты, окрашенный параазофенетоломъ). Точно такъ же, какъ ростъ твердаго кристалла, вслѣдствіе неизоморфной примѣси, можетъ претерпѣть значительное разстройство, приводящее къ образованію трихитовъ и скелетовъ, такъ и структура, напримѣръ, кристаллической капли параазофенетола значительно разстраивается отъ прибавленія къ раствору колофоніума. Получается винтообразное расположеніе молекулъ; это можно заключить изъ того, что появляется сильное вращеніе плоскости поляризаціи, измѣненіе направленія наибольшаго поглощенія, и особенно механическое вращеніе капель (въ противоположномъ направленіи движенія часовой стрѣлки), когда температура внизу

*) См. №№ 450—451 „Вѣстника“.

выше, чѣмъ вверху; это вращеніе, съ своей стороны, вызываетъ снова разстройство структуры (фиг. 17). При-



Фиг. 17.

бавленіе же бензойнокислаго холестерина производить подобныя же явленія вращенія, но въ обратномъ направленіи.

Если примѣшанное вещество обладаетъ значительной собственной формирующей силой, то она можетъ повысить формирующую силу пріютившаго ее хозяина. Такъ кристаллическая капля параазоксифенетола при прибавленіи каприновокислаго холестерина становится сначала эллипсоидной, а потомъ цилиндрической съ заостренными концами и т. д.; короче, она принимаетъ всѣ переходныя формы, пока не получается форма текучихъ кристалловъ чистаго каприновокислаго холестерина.

Подобныя смѣшанные кристаллы двухъ текуче-кристаллическихъ жидкостей можно также разсматривать, какъ растворы, такъ какъ каждое изъ обоихъ веществъ вслѣдствіе жидкаго состоянія можетъ диффундировать въ другое. Они обладаютъ также точкой насыщенія, какъ и обыкновенные растворы. Напримѣръ, текучіе кристаллы этиловаго эфира параазоксикоричной кислоты выдѣляются при охлажденіи изъ раствора въ параазоксифенетолѣ, ставшемъ вслѣдствіе этого псевдоизотропнымъ, совершенно такъ, какъ твердые кристаллы образуются изъ пересыщеннаго раствора. Но ихъ молекулярная направляющая сила оказываетъ также свое дѣйствіе и на кристаллическій растворитель, ибо они окаймляются кругомъ, въ которомъ между скрещенными николями видны свѣтлыя и темныя поля, соотвѣтственно тому, что молекулы имѣютъ внѣ кристалла

направленіе, параллельное внутреннимъ кристалламъ. Если двѣ соприкасающіяся такимъ образомъ текучія кристаллическія середины могутъ смѣшиваться во всевозможныхъ пропорціяхъ, чего слѣдуетъ ждать въ случаѣ ихъ изоморфности, то поверхностное натяженіе у границы должно быть равно нулю. Разумѣется, сила экспансивности одной среды при такихъ условіяхъ все же не въ состояніи произвести деформацию границы, такъ какъ ей противодѣйствуетъ равная сила экспансивности другой изоморфной среды. Только на мѣстахъ, гдѣ сосредоточена большая экспансивная сила, должна возникнуть болѣе интенсивная диффузія, т. е. большая скорость растворенія, такъ же, какъ это наблюдается у твердыхъ кристалловъ на углахъ и ребрахъ.

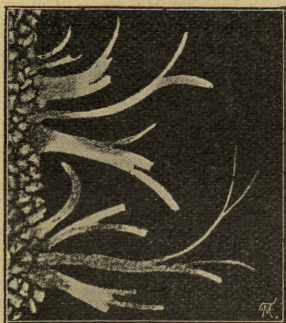
При неполной изоморфности нужно ждать, конечно, разстройства структуры и, быть можетъ, подобное обстоятельство бываетъ также отчасти основаніемъ разстройства роста и структуры у твердыхъ неизоморфныхъ смѣсей (образованіе скелетовъ и трихитовъ).

Растворенное вещество, по моему мнѣнію, (не по теоріи непрерывности) можетъ представлять собой также вторую текучую кристаллическую модификацію того же самого вещества. Подобный случай я открылъ у каприновокислаго холестерина Iегера (F. M. Jaeger). Если охлаждать изотропный сплавъ, то при $90,6^{\circ}$ выступаетъ текуче-кристаллическая модификація I, обладающая только незначительнымъ двойнымъ преломленіемъ, въ видѣ очень маленькихъ индивидуумовъ и относительно легкоплавкихъ. Застываетъ эта модификація нормально при $82,2^{\circ}$ и получается также при этой температурѣ при новомъ нагрѣваніи твердыхъ кристалловъ. Подобно изотропному сплаву можно эту модификацію также переохладить, и около $77,4^{\circ}$ (по самымъ послѣднимъ измѣреніямъ Руцебума (Bakhuys Roozeboom)) оно переходитъ въ модификацію II, значительно болѣе вязкую, въ болѣе крупныхъ индивидуумахъ съ болѣе сильнымъ двойнымъ лучепреломленіемъ. Наоборотъ, эта модификація при новомъ нагрѣваніи при той же температурѣ $77,4^{\circ}$ превращается обратно въ модификацію I. Послѣдняя, такимъ образомъ, между $90,6^{\circ}$ и $82,2^{\circ}$ энантиотропна и, вмѣстѣ съ тѣмъ, монотропна по отношенію къ твердой модификаціи, энантиотропна же она и по отношенію къ текуче-кристаллической модификаціи II. Эта же модификація при температурѣ ниже

77,4° энаніотропна по отношенію къ модификаціи I, но монотропна по отношенію къ твердой модификаціи.

При превращеніи модификаціи I въ II наблюдаютъ, что кристаллы послѣдней выступаютъ въ правильной ориентировкѣ относительно кристалловъ первой, т. е. молекулярная направляющая сила модификаціи I простирается также на находящіяся у границы молекулы модификаціи II. Явленіе это, по своей сущности, очевидно, идентично съ часто описываемымъ ориентирующимъ дѣйствіемъ при образованіи кристаллическихъ слоевъ и при превращеніи твердыхъ полиморфныхъ модификацій, какъ, напримѣръ, у кристалловъ азотнокислаго аммонія. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ эта ориентирующая сила можетъ производить даже толчки и вызывать рѣзкія явленія движенія, какъ у протокатеховой кислоты (фиг. 5) и особенно у параазоксибенетолла, въ которомъ получающіеся толчки могутъ даже разбить тонкія стѣнки сосуда. Молекулярные вращательные моменты, такимъ образомъ, стоятъ въ тѣсной связи съ формирующей силой и говорятъ въ пользу той точки зрѣнія, что формирующая сила обуславливается молекулярными движеніями.

Особенно легко модификація II каприновокислаго холестерила—какъ уже упоминалось—становится псевдоизотропной, вслѣдствіе абсорбирующаго дѣйствія стекла. Если нагрѣвать ее въ этомъ состояніи выше температуры превра-



Фиг. 18.

щенія, то обратное превращеніе въ модификацію I наступаетъ такимъ образомъ, что послѣдняя закристаллизовывается въ видѣ червеобразныхъ индивидуумовъ (фиг. 18), какъ если бы она была въ ней растворена. Модификація I также становится псевдоизотропной—въ особенности при прибавленіи параазоксибенетолла—при чемъ не сама собою, какъ модификація II, но только если надавливать покрывное стеклышко

препаративной иглой. Она представляется тогда глазу пронизанной вышеописанными маслянистыми полосами; что касается этихъ полосъ, то, повидимому, это тѣ мѣста, въ которыхъ, какъ мы предложили, молекулы имѣютъ форму листиковъ, гдѣ молекулы стоятъ ребрами вверхъ, такъ что

оптическія оси расположены горизонтально; вслѣдствіе этого выступают яркія поляризаціонныя краски. Заключенныя же между ними темныя области, гдѣ листочки прилегаютъ къ поверхности стекла, должны труднѣе течь благодаря большому тренію.

Если охладить псевдоизотропную массу, т. е. представляющуюся черной между скрещенными николями, до температуры превращенія, то при наблюденіи какъ въ обыкновенномъ (отраженномъ) свѣтѣ, такъ и между скрещенными николями выступаютъ блестящія явленія окраски, напоминающія отливъ крыльевъ бабочки. Всѣ цвѣта спектра пробѣгаютъ послѣдовательно отъ фіолетоваго до краснаго, и можно получить — особенно при прибавленіи небольшого количества параазоксибенетолла — всѣ цвѣта, одинъ подлѣ другого, въ полѣ зрѣнія микроскопа, какъ радугобразную обшивку, выступающую до превращенія. Изъ того, что явленіе окраски предшествуетъ всегда выдѣленію модификаціи II въ кристаллы, и что у такого вещества, которое даетъ явленіе окраски, но не обнаруживаетъ превращенія въ модификацію II, послѣднее можно вызвать подходящей примѣсью посторонняго вещества, я заключаю, что причину такого явленія слѣдуетъ искать въ томъ, что модификація II растворяется въ модификаціи I; это превращеніе начинается, нужно думать, не при температурѣ преграшенія — вѣрнѣе, температурѣ насыщенія, — а раньше, еще въ растворѣ въ модификаціи I; и происходитъ оно въ тѣмъ большей мѣрѣ, чѣмъ болѣе температура приближается къ температурѣ превращенія. По мнѣнію д-ра Зидентопфа (Dr. Siedentopf) явленія окраски принадлежатъ къ числу тѣхъ, которыя наблюдаются у „монохромовъ“ Христіансена (Christiansen); приходится, такимъ образомъ, допустить, что большія молекулы могутъ давать такія же оптическія явленія, какъ и ультрамикроскопически тонкая пыль. Равновѣсіе между модификаціями, образующими жидкіе смѣшанные кристаллы, зависитъ, какъ и въ другихъ случаяхъ диссоціаціи, отъ давленія — что ближе еще не изслѣдовано — и особенно отъ присутствія посторонняго вещества. Прибавленіе параазоксибенетолла можетъ, напримѣръ, у холестерина изомасляной кислоты, который въ чистомъ видѣ не даетъ текуче-кристаллической модификаціи, вызвать не только явленіе окраски, но выдѣленіе какъ модификаціи I, такъ и II. Точно

также смѣшеніемъ параазофенетола и параазоанизола можно легко получить жидкіе кристаллы, хотя оба вещества въ чистомъ видѣ даютъ таковыя только при весьма сильномъ переохлажденіи сплава.

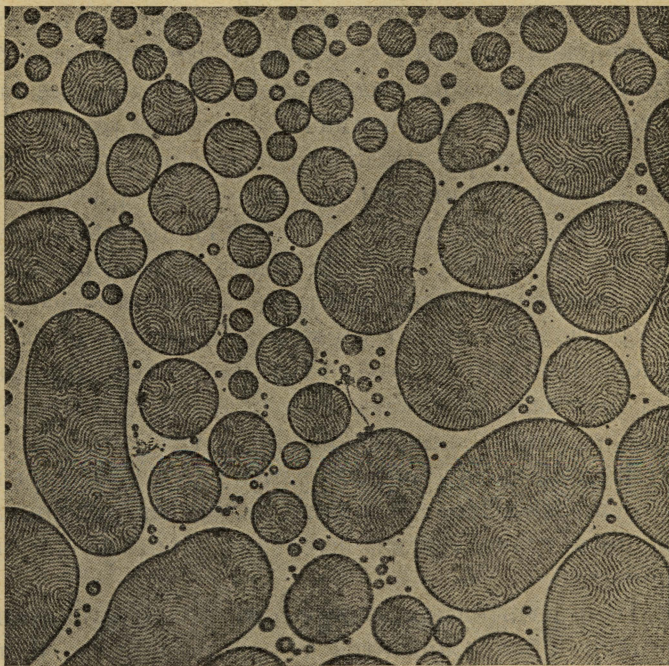
Способность двухъ текуче-кристаллическихъ модификацій смѣшиваться другъ съ другомъ, которая при теоріи непрерывности вовсе недопустима, представляетъ и здѣсь нѣкоторыя затрудненія для пониманія; именно, при тѣсномъ соприкосновеніи ихъ, если температура и не равна температурѣ превращенія, неустойчивая модификація переходитъ въ устойчивую, такъ что, собственно, должна была бы существовать только одна модификація. Но затрудненія исчезаютъ, если принять во вниманіе, что для растворенныхъ молекулъ температуры различны, и превращеніе постоянно продолжается какъ въ одномъ, такъ и въ другомъ направленіи, подобно тому, какъ это бываетъ въ иныхъ случаяхъ химическаго равновѣсія. Въ результатъ получается опредѣленное состояніе смѣси, обуславливаемое, можно было бы прямо сказать, кристаллической диссоціаціей и диссоциирующей силой растворителя. Послѣдняя только ничтожна, ибо сила превращенія,—какъ я называю силу, вызывающую превращеніе при соприкосновеніи двухъ модификацій,—противодѣйствуетъ диссоціаціи, защищаетъ, нѣкоторымъ образомъ существованіе устойчивыхъ молекулъ, пока дѣйствіе ея не устраняется значительной примѣсью посторонняго вещества.

Болѣе поразительнымъ образомъ это вліяніе посторонней примѣси обнаруживается у кристалловъ холестерина каприновой кислоты, если примѣшать къ нимъ столько параазоксифенетола, чтобы послѣдній при охлажденіи выкристаллизовался изъ модификаціи I. Въ такомъ случаѣ, подъ микроскопомъ между скрещенными николями видно, если давленіемъ на покровное стеклышко сдѣлать модификацію псевдоизотропной, какъ изъ темной массы выдѣляются тонкія кристаллическія иглы, окруженныя широкими свѣтлыми кругами радужной окраски; фіолетовая часть расположена снаружи, очевидно, потому, что въ свѣтлыхъ кругахъ преобладаніе фенола слабѣе, чѣмъ дальше отъ него.

Если въ текучемъ кристаллѣ наступаетъ кристаллическая диссоціація въ изложенномъ смыслѣ, то это не можетъ также оставаться безъ вліянія и на его формирующую силу. Быть

можетъ, такія же условія иногда имѣють мѣсто также и у твердыхъ кристалловъ; быть можетъ, въ этомъ заключается объясненіе часто удивительной измѣнчивости кристаллическаго облика и образованіе сферокристалловъ безъ прибавленія посторонняго вещества, какъ, напримѣръ, у кристалловъ уксусно-кислаго холестерина.

Въ то время, какъ обыкновенные твердые смѣшанные кристаллы не могутъ образоваться вслѣдствіе взаимной диф-

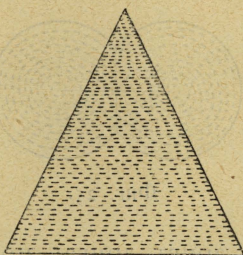


Фиг. 19.

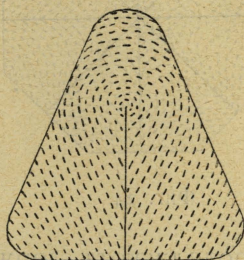
фузіи смѣшиваемыхъ веществъ, ибо о возможности диффузіи твердыхъ веществъ нельзя съ увѣренностью говорить (теорія твердыхъ растворовъ, однако, это предполагаетъ),—изготовленіе жидкихъ смѣшанныхъ кристалловъ при помощи механическаго смѣшиванія не встрѣчаетъ ни малѣйшихъ затрудненій. Такая копуляція между индивидуумами различныхъ видовъ въ области біологіи приводитъ къ образованію помѣси; въ области жидкихъ кристалловъ, такимъ образомъ, также возможно скрещиваніе; мы получаемъ смѣшанные кристаллы, и въ случаѣ, когда смѣшивающіяся вещества значительно отличаются другъ отъ друга, происходитъ свое-

образное соответственное разстройство структуры, напримеръ, получаютъ капли въ видѣ сложенныхъ рядами пластинокъ (фиг. 19), которые могутъ быть такъ тонки, что необходимо самое сильное увеличеніе, чтобы ихъ замѣтить.

Въ высшей же степени удивительныя явленія оказываютъ у кристалловъ этиловаго ээира параазоксикоричной кислоты Форлендера. Нормально текучіе кристаллы имѣли бы форму гемиморфныхъ пирамидъ (фиг. 20). Но выдѣленные при болѣе низкой температурѣ, (а слѣдовательно изъ менѣе концентрированнаго раствора) они, повидимому, вби-

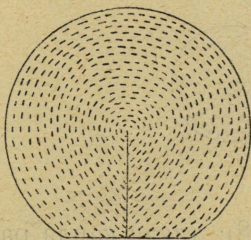


Фиг. 20.

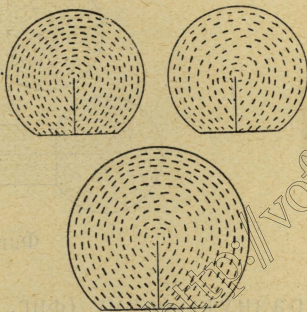


Фиг. 21.

раютъ въ себя часть растворителя и становятся, вслѣдствіе этого, болѣе текучими. Одновременно, анизотропность относительно внутренняго тренія становится менѣе значительной, форма приближается къ шарообразной (фиг. 21); но въ мѣстѣ, соответствующемъ основанію гемиморфной пирамиды, все-таки остается сплюсненіе, отъ середины котораго къ центру пара тянется нить, обусловливаемая ко-



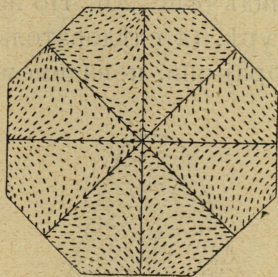
Фиг. 22



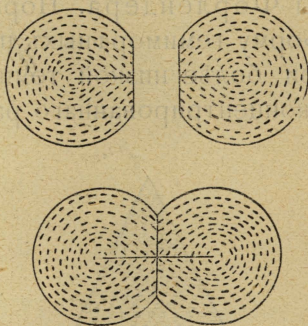
Фиг. 23.

ническимъ расположеніемъ молекулъ по оси (фиг. 22). Два такихъ шара, соединяясь при одинаковомъ расположеніи,

сливаются,—даютъ одну каплю (Фиг. 23); при различномъ расположеніи въ результатѣ получается одна капля сплюснутая въ двухъ мѣстахъ или болѣе, если сливаются больше, чѣмъ двѣ капли (Фиг. 24); если сливающіяся капли приходятъ въ соприкосновеніе въ сплюснутыхъ мѣстахъ,



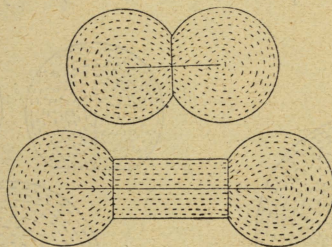
Фиг. 24.



Фиг. 25.

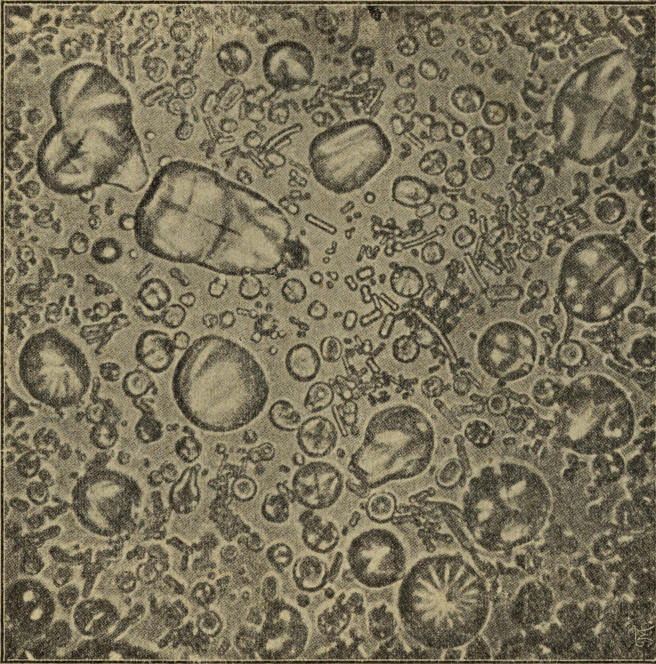
то онѣ продолжаютъ держаться другъ друга; получаются близнецы, т. е. двойная несливающаяся капля (Фиг. 25). Такіе же близецы могутъ иногда получиться и сами по себѣ; на поверхности сжатія капли можетъ вырасти почка, которая легко отпадаетъ, если достигнетъ той же величины—аналогія размноженія почкованіемъ, которое встрѣчается у живыхъ существъ.

Двойная капля можетъ вытянуться также въ бациллярный столбикъ (Фиг. 26) или въ очень длинную

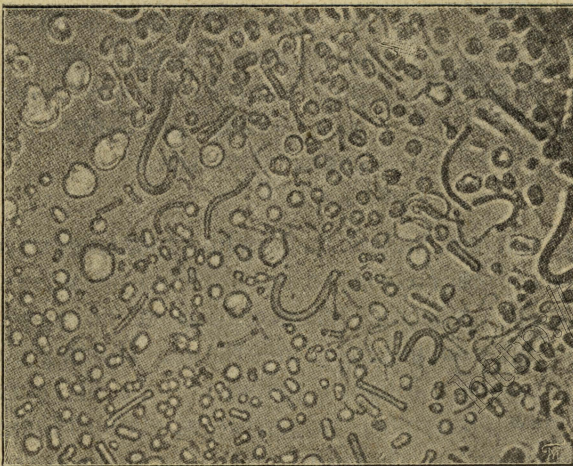


Фиг. 26.

змѣобразную форму (Фиг. 27 и 28); такая капля растетъ, какъ организмъ, какъ бы путемъ поглощенія, сохраняя одинаковую толщину, тогда какъ обыкновенный кристаллъ растетъ путемъ отложенія, т. е. путемъ расположенія новыхъ частицъ на его поверхности. Особенно красивые змѣи образуютъ

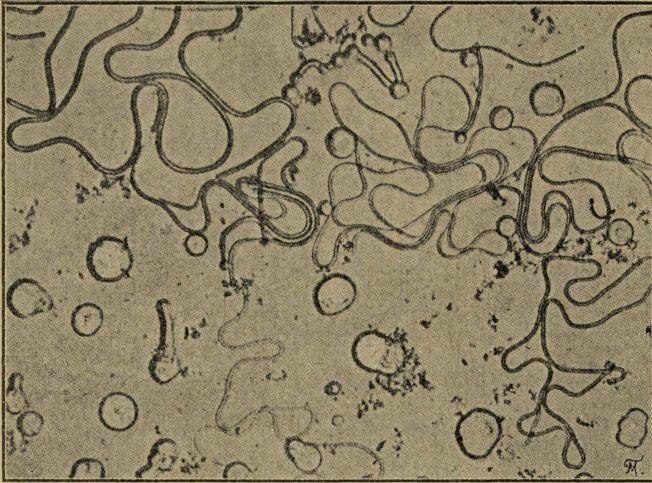


Фиг. 27.



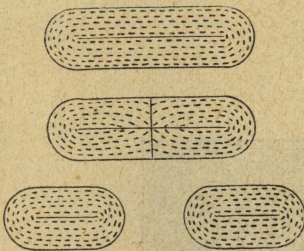
Фиг. 28.

кристаллы этилового эфира параазоксибромкоричной кислоты Форлендера, какъ показываетъ (фиг. 29) фото-



Фиг. 29.

графія, полученная Зидентопфомъ. Совершенно такъ же, какъ бактеріи, эти столбики и змѣи, могутъ ползать впе-



Фиг. 30.

редъ и назадъ, одновременно извиваться въ одну и другую сторону или вертѣться около своей оси. Но удивительнѣ всего, что они, подобно бактеріямъ, могутъ сами по себѣ дѣлиться на двѣ или на нѣсколько частей (фиг. 30), которые становятся отдѣльными индивидуумами, способными расти и снова дѣлиться.

Итакъ, жидкіе кристаллы, существованіе которыхъ въ физикѣ и кристаллографіи до послѣдняго времени считалось невозможнымъ, повысили значительно число аналогій между кристаллами и живыми существами. Приверженецъ монизма съ полнымъ удовлетвореніемъ могъ бы воскликнуть: мы такъ и предполагали; мостъ между кристаллами и живыми существами необходимо долженъ былъ быть найденъ, и настоящее открытіе доставляетъ блестящее подтвержденіе нашей теоріи. Ничуть!—отвѣтитъ представитель дуализ-

ма, — ибо то обстоятельство, что между твердыми и жидкими кристаллами существуют постепенные переходы, доказывает, что спорныя образования обладают не дѣйствительной, а только кажущейся жизнью. Они представляютъ превосходное доказательство справедливости нашего ученія, ибо показываютъ, что многое, что до сихъ поръ относилось къ понятію о жизни вслѣдствіе недостатка въ физическихъ аналогіяхъ, основывается на чисто физическихъ и химическихъ дѣйствіяхъ. Благодаря этому становится возможнымъ устранить затрудненія, которыя вызываются допущеніемъ, что во всякомъ даже самомъ маломъ живомъ существѣ есть душа. Дальнѣйшія изслѣдованія новооткрытыхъ силъ, можетъ быть, дадутъ возможность точно опредѣлить, какія дѣйствія въ мертвомъ веществѣ производятся исключительно матеріей и силой, и гдѣ собственно начинается жизнь.

Какъ бы этотъ споръ ни окончился, физики будутъ довольны, если онъ приведетъ къ основательнымъ изслѣдованіямъ явленій, которыя во всякомъ случаѣ подають намъ надежду заглянуть глубоко въ тайники молекулярныхъ силъ и молекулярнаго строенія вещества.

Что же пользы отъ этого для практики, спроситъ кто-либо? Физикъ, конечно, добывается только истины, основныхъ законовъ природы; врачъ, быть можетъ, будетъ въ состояніи извлечь отсюда практическую пользу. Однако, напрашивается еще одна точка зрѣнія совершенно другого направленія; наши тепловые двигатели крайне несовершенны, они превращаютъ драгоценную химическую энергію угля почти совершенно непроизводительно въ гораздо менѣе цѣнную энергію тепла. Организмъ въ этомъ отношеніи гораздо болѣе приспособленъ. Не могли бы мы скопировать ихъ мускульный аппаратъ — и почему бы это было не возможно? — Тогда однимъ взмахомъ были бы уничтожены паровыя машины, образовалась бы новая техника машинъ, которыя работали бы тягучими и на половину жидкими веществами; быть можетъ, удалось бы изобрѣсти легкій и все-таки сильный моторъ, отсутствіе котораго составляетъ большое препятствіе для фактическаго развитія летательной техники, для осуществленія этой старой и покуда безнадежной мечты.

ЗАДАЧИ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ.

Редакция просит не помещать на одномъ и томъ же листѣ бумаги 1) дѣловой переписки съ конторой, 2) рѣшеній задачъ, напечатанныхъ въ „Вѣстникъ“ и 3) задачъ, предлагаемыхъ для рѣшенія. Въ противномъ случаѣ редакция не можетъ поручиться за то, чтобы она могла своевременно принять мѣры къ удовлетворенію нуждъ корреспондентовъ.

Редакция проситъ лицъ, предлагающихъ задачи для помѣщенія въ „Вѣстникъ“, либо присылать задачи вмѣстѣ съ ихъ рѣшеніями, либо снабжать задачи указаніемъ, что лицу, предлагающему задачу, неизвѣстно ея рѣшеніе.

Рѣшенія всѣхъ задачъ, предложенныхъ въ текущемъ семестрѣ, будутъ помѣщены въ слѣдующемъ семестрѣ.

№ 919 (4 сер.). Рѣшить уравненіе

$$\sqrt{ax} + \sqrt{\frac{bx}{1-x}} = \sqrt{a-b}.$$

Е. Григорьевъ (Казань).

№ 920 (4 сер.). Построить треугольникъ ABC , зная медиану m_a , биссектрису l_a угла A и уголъ α между ними.

Н. Агрономовъ (Петербургъ).

№ 921 (4 сер.). Дано, что во вписанномъ въ кругъ радіуса r пятиугольникъ $ABCDE$ углы C и D прямые. Доказать, что

$$AC \cdot AD = AB \cdot AE + 2r \cdot DE.$$

Г. Томанъ (Казань).

№ 922 (4 сер.). Показать, что возвратное уравненіе 4-й степени подстановкой

$$x = 1 + \frac{2}{z-1}$$

приводится къ биквадратному.

И. Коровикъ (Петербургъ).

№ 923 (4 сер.). Найти треугольникъ, стороны котораго a , b , c и площадь s выражаются четырьмя последовательными цѣлыми числами.

(Займств.).

№ 924 (4 сер.). Въ уравненіи

$$x^3 + bx^2 + cx + d = 0$$

опредѣлить коэффиціенты b , c , d такъ, чтобы они служили корнями этого же самаго уравненія.

(Займств.).

РѢШЕНІЯ ЗАДАЧЪ.

№ 809 (4 сер.). Доказать, что число

$$\left(\frac{N}{d^2}\right)^{2N} - 1$$

дѣлится на $4N+1$, если $4N+1$ есть простое число и если N дѣлится на d^2 , гдѣ d — чѣтное число.

Преобразуемъ выраженіе $(4d^2)^{2N} \left[\left(\frac{N}{d^2}\right)^{2N} - 1 \right]$ слѣдующимъ образомъ:

$$\begin{aligned} (4d^2)^{2N} \left[\left(\frac{N}{d^2}\right)^{2N} - 1 \right] &= \left(\frac{4d^2 N}{d^2}\right)^{2N} - (4d^2)^{2N} = \\ &= (4N)^{2N} - (2d)^{4N} = \left[(4N)^{2N} - 1 \right] - \left[(2d)^{4N} - 1 \right]. \end{aligned}$$

Разность $(4N)^{2N} - 1$ кратна суммѣ $4N+1$; разность $(2d)^{4N} - 1 = (2d)^{(4N+1)-1} - 1$ тоже кратна, по теоремѣ Фермата, простого числа $4N+1$, такъ какъ дѣлители 2 и d числа $4N$ суть числа взаимно-простыя съ $4N+1$. Такимъ образомъ, число $(4d^2)^{2N} \left[\left(\frac{N}{d^2}\right)^{2N} - 1 \right]$ кратно $4N+1$, а такъ какъ $(4d^2)^{2N}$ тоже число взаимно-простое съ $4N+1$, то и число $\left(\frac{N}{d^2}\right)^{2N} - 1$ кратно $4N+1$.

Э. Лейткѣ (Рига); Г. Оганяницъ (Ялта).

№ 801 (4 сер.). Рѣшить систему уравненій

$$x^2(\sqrt{x}+1) + y^2(\sqrt{y}+1) = 0,$$

$$x(\sqrt{x}-2) + y(\sqrt{y}-2) = 0.$$

Полагая

$$\sqrt{x} = x_1, \quad \sqrt{y} = y_1 \quad (1),$$

приводимъ данную систему къ виду:

$$x_1^5 + y_1^5 + x_1^4 + y_1^4 = 0 \quad (2), \quad x_1^3 + y_1^3 - 2x_1^2 - 2y_1^2 = 0 \quad (3).$$

Вводя обозначенія

$$x_1 + y_1 = u \quad (4), \quad x_1 y_1 = v \quad (5),$$

возвысимъ уравненіе (4) въ квадратъ и вычтемъ изъ него удвоенное уравненіе (5). Тогда находимъ:

$$x_1^2 + y_1^2 = u^2 - 2v \quad (6).$$

Возвышая уравненіе (4) въ кубъ, имѣемъ:

$$x_1^3 + y_1^3 + 3x_1y_1(x_1 + y_1) = u^3, \text{ или } x_1^3 + y_1^3 + 3uv = u^3, \text{ откуда}$$

$$x_1^3 + y_1^3 = u^3 - 3uv \quad (7).$$

Возвышая равенство (6) въ квадратъ, имѣемъ $x_1^4 + y_1^4 + 2x_1^2y_1^2 = u^4 + 4v^2 - 4u^2v$, или $x_1^4 + y_1^4 + 2v^2 = u^4 + 4v^2 - 4u^2v$, откуда

$$x_1^4 + y_1^4 = u^4 + 2v^2 - 4u^2v \quad (8).$$

Наконецъ, перемножая равенства (8) и (4), получимъ: $x_1^5 + y_1^5 + x_1y_1(x_1^3 + y_1^3) = u^5 + 2uv^2 - 4u^3v$, или $x_1^5 + y_1^5 + v(u^3 - 3uv) = u^5 + 2uv^2 - 4u^3v$, откуда

$$x_1^5 + y_1^5 = u^5 + 5uv^2 - 5u^3v \quad (9).$$

Слѣдовательно, равенства (2) и (3) [см. (9), (8), (7), (6)] можно представить въ видѣ:

$$u^5 + u^4 - 5u^3v - 4u^2v + 5uv^2 + 2v^2 = 0 \quad (10),$$

$$u^3 - 3uv - 2u^2 + 4v = 0 \quad (11).$$

Опредѣляя v изъ равенства (11), находимъ: $v = \frac{u^3 - 2u^2}{3u - 4}$ (12).

Подставляя значеніе v изъ (12) въ (10), находимъ:

$$u^5 + u^4 - \frac{5u^3(u^3 - 2u^2)}{3u - 4} - \frac{4u^2(u^3 - 2u^2)}{3u - 4} + \frac{5u(u^3 - 2u^2)^2}{(3u - 4)^2} + \frac{2(u^3 - 2u^2)^2}{(3u - 4)^2} = 0,$$

или, послѣ обычныхъ преобразованій,

$$u^7 - 5u^6 - 4u^5 + 8u^4 = 0.$$

Разлагая лѣвую часть послѣдняго уравненія на множителей, получимъ:

$$u^4(u - 1)(u^2 - 4u - 8) = 0, \text{ откуда}$$

$$u_1 = 0, \quad u_2 = 1, \quad u_{3,4} = 2 \pm 2\sqrt{3}.$$

Подставляя найденныя значенія u въ равенства (12), (4) и (5), приходимъ къ системамъ уравненій:

$$x_1 + y_1 = 0, \quad x_1y_1 = 0 \quad (13),$$

$$x_1 + y_1 = 1, \quad x_1y_1 = 1 \quad (14),$$

$$x_1 + y_1 = 2 + 2\sqrt{3}, \quad x_1y_1 = \frac{4(1 + \sqrt{3})^2\sqrt{3}}{1 + 3\sqrt{3}} \quad (15),$$

$$x_1 + y_1 = 2 - 2\sqrt{3}, \quad x_1y_1 = \frac{4(1 - \sqrt{3})^2\sqrt{3}}{-1 + 3\sqrt{3}} \quad (16).$$

Система (13) даетъ: $x_1 = y_1 = 0$, откуда [см. (1)] $x = y = 0$.

Изъ системы (14) x_1 и y_1 опредѣляются, какъ корни квадратнаго уравненія $t^2 - t + 1 = 0$, откуда $x_1 = \frac{1 \pm i\sqrt{3}}{2}$, $y_1 = \frac{1 \mp i\sqrt{3}}{2}$, а потому [см. (1)]

$$x = \frac{(1 \pm i\sqrt{3})^2}{4} = \frac{-1 \pm i\sqrt{3}}{2}, \quad y = \frac{(1 \mp i\sqrt{3})^2}{4} = \frac{-1 \mp i\sqrt{3}}{2}.$$

Изъ системъ (16) и (17) x_1 и y_1 опредѣляются соответственно, какъ корни квадратныхъ уравненій

$$t^2 - (2 + 2\sqrt{3})t + \frac{4(1 + \sqrt{3})^2\sqrt{3}}{3\sqrt{3} + 1} = 0,$$

$$t^2 - (2 - 2\sqrt{3})t + \frac{4(1 - \sqrt{3})^2\sqrt{3}}{3\sqrt{3} - 1} = 0,$$

откуда затѣмъ опредѣляются соответствующія значенія x и y при помощи равенствъ (1).

Г. Лебедевъ (Обоянь); Н. С. (Одесса).

№ 815 (4 сер.). Доказать, что число

$$27^n(n+1)^{3n} - 1,$$

где n — целое положительное число и $3n+1$ — простое число, дѣлится на $3n+1$.

Представимъ данное выраженіе въ видѣ:

$$27^n(n+1)^{3n} - 1 = 3^{3n}(n+1)^{3n} - 1 = (3n+3)^{3n} - 1 \quad (1).$$

Такъ какъ n — цѣлое положительное число и $3n+1$ — простое число, то

$$3n+3 > 4 \quad (2).$$

Отсюда видно, что $3n+3$ не кратно $3n+1$. Дѣйствительно, если бы $3n+3$ было кратно $3n+1$, то и разность $(3n+3) - (3n+1) = 2$ была бы кратна $3n+1$, что несовмѣстимо съ формулой (2). Поэтому [см. (1)], по теоремѣ Fermat'a, разность $(3n+3)^{(3n+1)-1} - 1 = 27^n(n+1)^{3n} - 1$ кратна $3n+1$.

Н. Агрономовъ (Ревель); Г. Лебедевъ (Обоянь).

№ 814 (4 сер.). Найти сумму n первыхъ членовъ ряда

$$\frac{1}{u(u+r)}, \frac{1}{(u+r)(u+2r)}, \dots, \frac{1}{[u+(k-1)r](u+kr)}$$

и опредѣлить предѣлъ, къ которому стремится эта сумма при безконечномъ возрастаніи n .

При $r=0$ каждый членъ даннаго ряда обращается въ $\frac{1}{u^2}$, и сумма n первыхъ его членовъ $\frac{n}{u^2}$ безконечно возрастаетъ при безконечномъ возрастаніи n . Если же $r \neq 0$, то, складывая равенства

$$\frac{1}{u(u+r)} = \frac{1}{r} \left[\frac{1}{u} - \frac{1}{u+r} \right],$$

$$\frac{1}{(u+r)(u+2r)} = \frac{1}{r} \left[\frac{1}{u+r} - \frac{1}{u+2r} \right],$$

$$\dots \dots \dots$$

$$\frac{1}{[u+(n-2)r][u+(n-1)r]} = \frac{1}{r} \left[\frac{1}{u+(n-2)r} - \frac{1}{u+(n-1)r} \right],$$

$$\frac{1}{[u+(n-1)r](u+nr)} = \frac{1}{r} \left[\frac{1}{u+(n-1)r} - \frac{1}{u+nr} \right]$$

и называя сумму n членовъ разсматриваемаго ряда черезъ S_n , получимъ:

$$S_n = \frac{1}{r} \left(\frac{1}{u} - \frac{1}{u+nr} \right) = \frac{n}{u(u+nr)}.$$

Такъ какъ вычитаемое $\frac{1}{u+nr}$ при безконечномъ возрастаніи n стремится къ нулю, то

$$\lim_{n=\infty} S_n = \frac{1}{ru}.$$

А. П. (Сосновицы); Г. Лебедевъ (Обоянь); Э. Лейпкѣ (Москва).



<http://vofem.ru>